

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Konstrukční návrh hydraulického lisu**

**Structural Design of Hydraulic Press**

Student:

Bc. Jiří Koňas

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Ostrava 2016

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Koňas**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení

Téma: Konstrukční návrh hydraulického lisu  
Structural Design of Hydraulic Press

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci řešení diplomové práce zpracujte konstrukční návrh hydraulického lisu.

Dále bude diplomová práce obsahovat:

- analýzu a řešení dané problematiky
- jednoduchý návrh variant možných řešení (morfologická matice)
- konstrukční návrh lisu včetně 3D modelu v systému CAD
- schéma hydraulického zapojení
- volbu pohonu a hydraulických prvků
- příslušnou výkresovou dokumentaci

Základní technické parametry lisu:

Lisovací síla: 300 tun

Velikost pracovního stolu: 1200 x 800 mm

Zdvih: 500 mm

Maximální výška lisu: do 3300 mm

Bližší specifikace nutných technických údajů a požadavků bude upřesněna v průběhu řešení diplomové práce ve spolupráci s firmou Kontech s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.

ČÁSENSKÝ, M. *Metodika konstruování*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1990. 122 s.

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.

MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha, Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha, Český normalizační institut, 1996. 32 s.



Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Jaroslav Melecký**

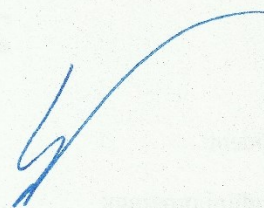
Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

### **Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

Jiří Koňas

Sluneční 1390

74221, Kopřivnice

.....

podpis

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce za vedení a informace při zpracování dané problematiky a celé své rodině za odborné konzultace.

## **Anotace diplomové práce**

KOŇAS, J. 2016. 80 s. Diplomová práce: Konstrukční návrh hydraulického lisu. Ostrava. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní. Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

Diplomová práce je zaměřena na návrh hydraulického lisu z hlediska konstrukce. Dále na analýzu problematiky, návrhu možných řešení modelu, návrhu hydraulického zapojení, 3D modelu lisu s jeho kontrolou pomocí simulace a zpracování výrobní dokumentace.

## **Annotation of Thesis**

KOŇAS, J. 2016. 80 s. Thesis: Structural Design of Hydraulic Press. Ostrava. VŠB – Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering. Department of Production Machines and Design. Leader Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

The thesis is focused on the design of hydraulic press in terms of construction. Further analysis of the issues and possible solutions model, the design of the hydraulic circuits, 3D model of the press with its control through simulation and manufacturing documentation.

## Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ÚVOD: .....</b>	<b>16</b>
<b>2 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE: .....</b>	<b>17</b>
<b>3 REŠERŠE A ANALÝZA DANÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>18</b>
3.1 LISOVÁNÍ .....	18
3.2 TYPY LISŮ DLE MECHANISMU.....	18
3.3 TYPY LISŮ DLE HLAVNÍ FORMY VYUŽITÉ ENERGIE.....	18
3.4 TECHNOLOGICKÝ TVÁŘECÍ POCHOD.....	19
3.5 TYPY LISŮ DLE PRACOVNÍHO ROZSAHU .....	19
3.6 UŽITÍ LISŮ .....	19
3.7 HLAVNÍ KONSTRUKCE LISŮ .....	19
3.8 SPOUŠTĚNÍ LISU.....	20
3.9 USPOŘÁDÁNÍ POHONU .....	20
3.10 VYBRÁNÍ VÝROBCI HYDRAULICKÝCH LISŮ .....	21
3.10.1 TOS Rakovník.....	21
3.10.2 ŽĎAS.....	22
3.10.3 HŠV .....	23
3.10.4 TS Plzeň.....	24
3.11 TVÁŘENÍ KOVŮ ZA STUDENA .....	25
3.12 PRINCIP HYDRAULICKÉHO LISU .....	26
<b>4 MODEL TECHNICKÉHO PROCESU.....</b>	<b>27</b>
<b>5 MORFOLOGICKÁ MATICE .....</b>	<b>28</b>
5.1 POPIS JEDNOTLIVÝCH VOLEB.....	28
5.1.1 Pohon.....	28
5.1.2 Hlavní konstrukce.....	28



---

5.1.3 Počet sloupů .....	28
5.1.4 Typ rámu .....	29
5.1.5 Profil sloupů .....	29
5.1.6 Uložení beranu .....	29
5.1.7 Zabezpečení .....	29
<b>6 STRUKTURA SYSTÉMU .....</b>	<b>30</b>
<b>7 ZPRACOVÁNÍ HYDRAULICKÉHO LISU.....</b>	<b>31</b>
7.1 RÁM LISU .....	31
7.2 TRAVERZA HORNÍ .....	31
7.3 TRAVERZA SPODNÍ.....	32
7.4 BERAN .....	34
7.5 TYČ VODÍCÍ.....	35
7.5.1 Výpočet vodící tyče .....	36
7.6 KLUZNÉ LOŽISKO .....	37
7.7 STÍRACÍ KROUŽEK .....	38
7.8 PŘÍRUBA .....	39
7.9 VÍKO VEDENÍ .....	39
7.10 VLOŽKA VEDENÍ .....	40
7.11 DESKA PRO UCHYCENÍ NÁSTROJŮ .....	40
7.11.1 Deska .....	41
7.11.2 Deska spodní .....	42
7.12 PŘEDEPÍNACÍ MATICE .....	43
7.12.1 Výpočet předepínací matice.....	43
7.13 ODMĚŘOVÁNÍ .....	45
7.14 SVĚTELNÉ ZÁVORY .....	46
<b>8 HYDRAULIKA.....</b>	<b>48</b>
8.1 HYDRAULICKÝ VÁLEC .....	48

---

8.2 VÝPOČET HYDRAULICKÉHO VÁLCE .....	49
8.2.1 Výpočet průměru pístu.....	49
8.2.2 Výpočet průměru pístnice .....	50
8.2.3 Výpočet stěny hydraulického válce.....	50
8.3 ČERPADLO A ELEKTROMOTOR.....	53
8.3.1 Potřebné dodávané množství $Q$ .....	53
8.3.2 Geometrický objem čerpadla.....	53
8.4 VOLBA ELEKTROMOTORU.....	54
8.4.1 Návrh průměru potrubí .....	55
8.4.2 Čas pojezdu .....	56
8.4.3 Parametry hydraulických válců.....	57
8.5 LISOVACÍ SÍLY V HYDRAULICKÉM VÁLCI .....	58
<b>9 SCHÉMA HYDRAULICKÉHO ZAPOJENÍ .....</b>	<b>59</b>
<b>10 ULOŽENÍ.....</b>	<b>60</b>
10.1 ULOŽENÍ BERANU NA TYČ VODÍCÍ .....	60
10.2 ULOŽENÍ TRAVERZY HORNÍ .....	61
10.3 ULOŽENÍ TRAVERZY SPODNÍ.....	62
10.4 ULOŽENÍ PÍSTNICE.....	63
10.5 ULOŽENÍ VÁLCE .....	64
10.6 HORNÍ POLOHA BERANU A POPIS MODELU.....	65
<b>11 3D MODEL HYDRAULICKÉHO LISU.....</b>	<b>66</b>
<b>12 SIMULACE MKP MODELU.....</b>	<b>69</b>
12.1 NASTAVENÍ MŘÍŽKY, SIL A KONTAKTŮ .....	70
12.2 PEVNOSTNÍ ANALÝZA LISU - NAPĚTÍ.....	71
12.3 PEVNOSTNÍ ANALÝZA LISU – POSUNUTÍ .....	72
12.4 ZÁVĚR SIMULACÍ .....	73
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>74</b>

---

<b>13 LITERATURA.....</b>	<b>75</b>
<b>14 SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>77</b>
<b>15 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>78</b>

## Seznam použitého značení

3D		Trojrozměrný prostor
C	[mm]	Dodatečná vzdálenost
ČSN		Česká státní norma
D	[mm]	Vnější průměr válce
$d_1$	[mm]	Výpočet průměru jednoho pístu
$d_2$	[mm]	Střední průměr závitu
$d_2$	[mm]	Průměr pístnice
$d_{2dov}$	[mm]	Nejmenší dovolený průměr pístnice
$D_{hnh}$	[mm]	Průměr válce dle HMH
$d_{op}$	[mm]	Průměr odpadního potrubí
$D_{sloupu}$	[mm]	Průměr tyče
$d_{sp}$	[mm]	Průměr sacího potrubí
$D_{sv}$	[mm]	Průměr válce dle S-V
$d_{vp}$	[mm]	Průměr výtlačného potrubí
EN		Evropská norma
F	[N]	Lisovací síla
f	[-]	Součinitel tření
$F_1$	[N]	Síla lisu na sloup
$F_1$	[N]	Síla působící na 1 píst
$F_{1skut}$	[N]	Skutečná lisovací síla na jednom válci
$F_{1vyp}$	[N]	Skutečná lisovací síla lisu
$F_2$	[N]	Síla působící na 2 píst
$F_{max}$	[N]	Maximální síla v tyči

---

$F_{p1}$	[N]	Předepínací síla na tyč
$F_{p1š}$	[N]	Předepínací síla na šroub
$f_z$	[-]	Součinitel tření v závitě
$h$	[mm]	Zdvih
$I_1$		Vstupující informace
$I_2$		Vystupující informace
$k$	[-]	Bezpečnost
$K$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost pohybu těla nebo částí těla
$l_z$	[mm]	Délka závitu šroubu
$M$		Značení metrického závitu
$M_1$		Vstupující materiály
$M_2$		Vystupující materiály
$MKP$		Metoda konečných prvků
$M_s$	[Nm]	Utahovací moment jedno šroubu
$n$	[-]	Počet tyčí
$n$	[-]	Počet hydraulických válců
$n_m$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky motoru
$n_{sr}$	[-]	Počet šroubů
$p$	[-]	Parametr předepnutí
$P$	[-]	Stoupání závitu
$p_1$	[MPa]	Tlak nad válcem
$p_2$	[MPa]	Tlak pod válcem
$Q_v$	[l.min <sup>-1</sup> ]	Potřebné množství kapaliny při pohybu dolů
$Q_{v2}$	[l.min <sup>-1</sup> ]	Potřebné množství kapaliny při pohybu nahoru
$Re$	[MPa]	Mez kluzu

---

$R_m$	[MPa]	Mez pevnosti
$S$	[mm]	Minimální vzdálenost od nebezpečné zóny
$S_1$	[mm <sup>2</sup> ]	Průřez pístu
$S_2$	[mm <sup>2</sup> ]	Průřez pístu
$T$	[s]	Celková doba zastavení
$t$	[s]	Čas pohybu beranu dolů
$T_1$	[s]	Doba odezvy bezpečnostní světelné závory
$t_2$	[s]	Čas pohybu beranu nahoru
$T_2$	[s]	Doba do zastavení stroje
$v$	[mm.s <sup>-2</sup> ]	Rychlost beranu dolů
$v_2$	[mm.s <sup>-2</sup> ]	Rychlost beranu nahoru
$V_g$	[l]	Geometrický objem čerpadla
$v_{op}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost odpadního potrubí
$v_{sp}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost v sacím potrubí
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava	
$v_{vp}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost ve výtlačném potrubí
$X$	[-]	Poměrový koeficient tloušťky stěny válce
$X_{HMH}$	[-]	Poměrový koeficient dle HMH
$X_{SV}$	[-]	Poměrový koeficient dle S-V
$\eta$	[-]	Účinnost
$\pi$		Ludolfovo číslo
$\sigma_d$	[MPa]	Dovolené napětí
$\sigma_{max}$	[MPa]	Maximální napětí ve válci
$\sigma_o$	[MPa]	Napětí působící na dno válce

---

$\sigma_{r,R}$	[MPa]	Radiální napětí ve válci na vnějším poloměru
$\sigma_{r,r1}$	[MPa]	Radiální napětí ve válci na vnitřním poloměru
$\sigma_{red,HMH}$	[MPa]	Redukované napětí dle HMH
$\sigma_{red,SV}$	[MPa]	Redukované napětí dle HMH
$\sigma_{t,R}$	[MPa]	Tečné napětí ve válci na vnějším poloměru
$\sigma_{t,r1}$	[MPa]	Tečné napětí ve válci na vnitřním poloměru
$\delta$	[-]	Tloušťka stěny válce
$\varphi$	[-]	Třecí úhel
$\vartheta$	[-]	Úhel stoupání šroubovice



## 1 Úvod:

Diplomová práce je zaměřena na konstrukční návrh hydraulického lisu dle zadaných základních parametrů ve spolupráci s firmou Kontech s.r.o. Lisy působí na polotovary silou a dochází ke změně tvaru a deformaci.

Úvodní část práce se zabývá analýzou a řešením dané problematiky, kde je popsán princip, metody a základní rozdělení lisů. Jsou zde představeni přední výrobci lisů na trhu.

Další kapitolou je jednoduchý návrh variant možných řešení neboli morfologická matice, ve které je popis jednotlivých variant a zvolena správná varianta řešení.

Kapitola zpracování hydraulického lisu je vymodelována ve 3D programu Inventor 2015. Tento model bude funkční a bude sloužit jako podklad pro zpracování výrobní dokumentace a následné výroby stroje. Je zde popsána každá důležitá součást lisu a zobrazena modelem.

Další kapitola se zabývá hydraulikou. Je zde vypočítána potřebná velikost pístu a pístnice, zkontrolována a následně vybrán nejvhodnější hydraulický válec dle výrobce. Součástí kapitoly je výpočet čerpadla a elektromotoru. Následuje výpočet potrubí a parametry hydraulických válců.

Další část se věnuje schématu hydraulického zapojení dle legislativy.

V kapitole uložení jsou zobrazeny jednotlivé uzly lisu, jejich propojení a popsání hlavních částí.

Poslední kapitolou diplomové práce je zobrazení celkového 3D modelu a kontrola pomocí simulace provedené v prostředí Inventor 2015.

Součástí této práce je příloha, v níž je zpracována výrobní dokumentace konstrukčního návrhu hydraulického lisu. Ta bude sloužit pro výrobu jednotlivých dílů. Sestavné výkresy slouží pro kompletaci a montáž lisu.

## **2 Cíl diplomové práce:**

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh hydraulického lisu, tak aby splňoval následující základní technické parametry: Lisovací síla 300 tun, velikost pracovního stolu 1200 x 800 mm, zdvih 500 mm, maximální výška lisu do 3300 mm. Další technické parametry a volby proběhnou a budou voleny ve spolupráci se zadávající firmou, vedoucím diplomové práce, specialistou na hydrauliku a pod kontrolou konstruktéra z praxe.

### **3 Rešerše a analýza dané problematiky**

#### **3.1 Lisování**

Na českém, ale i zahraničním trhu jsou výrobky od různých výrobců. Hydraulické lisy jsou využívány v širokém spektru odvětví od potravinářství, strojírenství, hutnictví až po zdravotnictví.

Hydraulický lis je mechanický stroj, který slouží k mechanickému zpracování polotovaru za použití jednorázového tlaku nebo tlakovým rázem. Tomuto procesu říkáme lisování.

Lisování je tváření kovů nebo jiných materiálů za studena pomocí lisů nebo bucharů. Hotový výrobek se nazývá výlisek. Přesnost a kvalita hotového výlisku je dána především jeho materiálem a nástrojem. Polotovary pro lisování jsou hlavně plechy ve formě pásů, svitků nebo přístřihů, které jsou ustřiženy z předešlé operace stříháním. Lisování je technologie vhodná pro velké série i s ohledem na vysokou přesnost zhotoveného výlisku. Lisovací stroje se vyrábějí v různých provedeních s různými parametry. Od malých stolních, ručních lisů až po velké průmyslové lisy s lisovací silou 2000 tun.

#### **3.2 Typy lisů dle mechanismu**

- Mechanické
- Hydraulické
- Pneumatické
- Ostatní

#### **3.3 Typy lisů dle hlavní formy využití energie**

- Silové
- Zdvihové

### **3.4 Technologický tvářecí pochod**

- Plošné tváření
- Objemové tváření
- Stříhání

### **3.5 Typy lisů dle pracovního rozsahu**

- Univerzální
- Speciální
- Jednouúčelové

### **3.6 Užití lisů**

- Strojírenství
- Potravinářství
- Odpadové hospodářství
- Polygrafie
- Textilní průmysl
- Další

### **3.7 Hlavní konstrukce lisů**

- Otevřený tvar

Tento tvar je výhodný pro menší síly a tedy pro menší lisovací síly. Otevřený neboli c-tvar lisu má nižší stabilitu a hlavně nižší tuhost. Tyto lisy se vyrábí do lisovací síly 500 tun. Lisy mají vedení v horní části stroje umístěné vedle hydraulického zařízení.

- Uzavřený tvar

Uzavřený tvar je vhodný pro velké, těžké stroje s velkou lisovací silou. Mají velmi dobrou tuhost díky vedení, které může být různých tvarů a velikostí. Většinou se používá dvou nebo čtyř vedení pomocí uzavřených profilů. Tyto lisy se vyrábějí s lisovací silou od 100 tun až do 2000 tun.

### 3.8 Spouštění lisu

- Nožním spínačem s bezpečnostními prvky
- Dvouruční ovládání
- Jiné

### 3.9 Uspořádání pohonu

- Přímý pohon (Hydrogenerátorový)
  - Rychlost pístu závisí na množství kapaliny dodávané HG.
  - Tlak kapaliny v hydraulickém obvodu je proměnný a závislý na odporu pístu.
  - Použití vysokotlakých rotačních HG omezuje použití pro vysoké lisovací tlaky. Výkon lisu odpovídá výkonu HG.
  - Přibližná účinnost přímých HG  $\eta=0,6-0,8$ .
  - Tento způsob je výhodný zejména pro jeho malé zástavbové rozměry.
- Nepřímý pohon (Akumulátorový)
  - Součástí obvodu je akumulátor, který shromažďuje energii.
  - Tlak v obvodu při použití akumulátoru je konstantní.
  - Se stoupajícím odporem klesá rychlost pracovního pístu a naopak.
  - HG musí doplňovat nepřetržitě kapalinu do akumulátoru bez ohledu na pracovní cyklus.
  - Hladina kapaliny v akumulátoru řídí čerpadla a je vypínaná do odpadu, to snižuje spotřebu energie.
  - Výkon HG se určuje dle průměrného výkonu stroje odvozeného ze souhrnu operací pracovního cyklu.
  - Lze dosáhnout rychlosti pístu až  $10 \text{ m.s}^{-1}$ .
  - Účinnost je nižší než u přímého pohonu.
- Multiplikátorový pohon
  - Používá se pro zvýšení tlaku kapaliny do pracovních motorů až o 100 MPa.

- Multiplikátor se skládá ze dvou válců o různém průměru. Nízkotlaký válec je spojen s obvodem o nižším tlaku a vysokotlaký válec, ve kterém je tlak zvýšen na konečnou velikost.
- Kombinovaný pohon

### 3.10 Vybraní výrobci hydraulických lisů

#### 3.10.1 TOS Rakovník

Hydraulické lisy firmy TOS Rakovník se vyrábějí jako víceúčelové stroje s otevřeným rámem. Jejich použití je zejména pro plošné tváření, prostřihování, ohýbání, rovnání nebo ohraňování.

Základní provedení lisu se vyrábí s jedním lisovacím válcem, hydraulickým jištěním, základním PLC a ruční regulací tlaku. Lisovací síla se pohybuje od 300 kN až do 1200 kN. Zdvih od 400 mm do 500 mm a pracovní prostor 500x400 až 750x400 mm.



Obr. 1 Hydraulický lis - TOS Rakovník [3]

### 3.10.2 ŽďAS

Firma Žďas se zabývá výrobou tvářecích lisů od jednoduchých po speciální na přání zákazníka. Firma také dodává příslušnou mechanizaci, nástrojové vybavení, doprovodné služby a servis.

Hydraulické lisy se vyrábějí pro běžné tvářecí operace za tepla i za studena. Parametry lisu jsou různé a variabilní dle poptávky. Lisovací síla se pohybuje od 2500 kN po 10 000 kN, zdvih od 800 mm po 1600 mm a pracovní prostor od 1000x1250 mm po 1600x2500 mm.



Obr. 2 Hydraulický lis – Žďas [4]



### 3.10.3 HŠV

Firma HŠV se zabývá výrobou hydraulických, pneumatických a jednoúčelových strojů. Stroje jsou menších lisovacích sil a jsou pro většinu tvářecích operací jako lisování, děrování, ohraňování, stříhání, ražení, tažení, montáž a rovnání. Jmenovitá síla lisů se pohybuje od 63 kN po 630 kN, zdvih od 160 mm po 500 mm s rozměry pracovního prostoru od 240x320 mm po 480x660 mm.



Obr. 3 Hydraulický lis – HŠV [5]

### 3.10.4 TS Plzeň

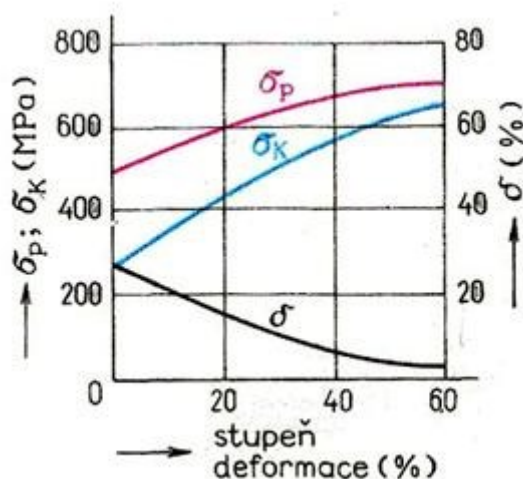
Lisy od firmy TS Plzeň (dříve ŠKODA TS) jsou používány v nejrůznějších odvětvích v tuzemsku i v zahraničí a to pro těžké kovárenské provozy, lisovny hliníku, mědi, ocelí, gumárenský průmysl, stavebnictví, potravinářský průmysl a další. Hydraulické lisy jsou vyráběny od 25 MN po 130 MN. Výběr pracovní kapaliny je na zákazníkově, buď se jedná o hydraulický olej, nebo emulsní kapalinu.



Obr. 4 Hydraulický lis - TS Plzeň [6]

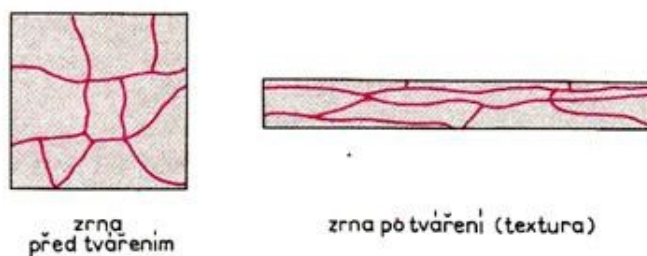
### 3.11 Tváření kovů za studena

Tváření za studena probíhá pod rekrystalizační hodnotou, jež je pod 30% teploty tání tvářeného materiálu. Při této teplotě dochází ke zpevňování materiálu a roste odpor proti dalšímu tváření a zároveň nastává vyčerpání plastičnosti materiálu. Zrna vznikají ve směru tváření, čímž dochází k utváření textury a anizotropii mechanických vlastností.



Obr. 5 Změna mechanických vlastností v závislosti na stupni deformací [7]

Při zpevnění se zvyšují mechanické hodnoty (mez pevnosti a mez kluzu) a klesá tažnost. Deformační schopnost neboli schopnost materiálu být znovu tvářen nastává při dalším zahřátí kovu. Výhodou je kvalitní povrch, přesnost rozměrů a zlepšení mechanických vlastností. Nevýhodou je použití velké tvářecí síly, omezená tvárnost materiálu a nerovnoměrné zpevnění.



Obr. 6 Změna tvaru zrn v důsledku tváření [7]

### 3.12 Princip hydraulického lisu

Tato diplomová práce se zabývá pouze hydraulickým lisováním, proto bude dále rozvinut pouze hydraulický princip.

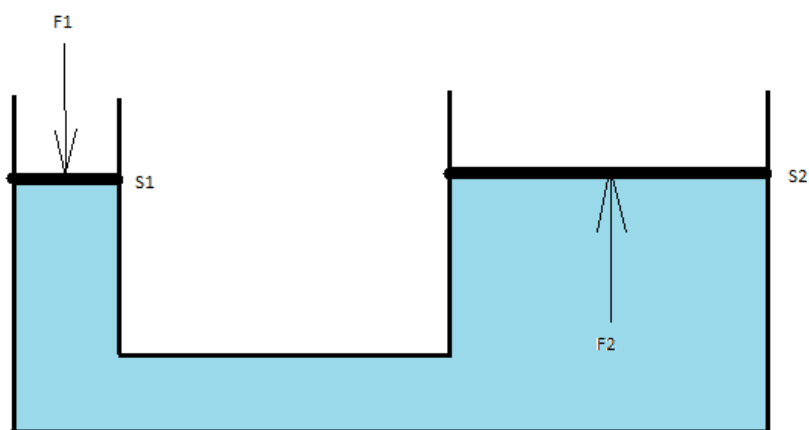
Hydraulické zařízení je stroj, využívající k vytvoření tlaku vlastnosti kapalin. Jako kapalina se používá hydraulický olej uzpůsobený požadavkům pro lisování, tedy vysoké tlaky, čistota.

Znění Pascalova zákona: Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný.

Dva písty jsou ve dvou nádobách spojených hydraulickým olejem. Písty mají různé průřezy  $S_1$  a  $S_2$ . Na píst o ploše  $S_1$  začne působit síla  $F_1$ , která způsobí tlak v kapalině a začne pohybovat s druhým pístem. Díky nestlačitelnosti kapalin

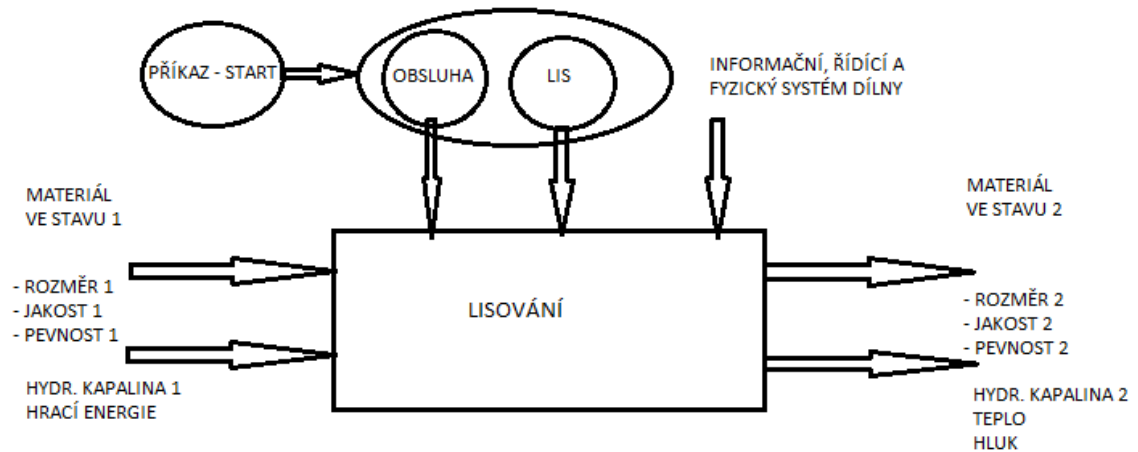
a Pascalově zákonu je ve všech místech kapaliny stejný tlak. Z toho důvodu se začne pohybovat píst o průřezu  $S_2$  a silou  $F_2$ .

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$



Obr. 7 Pascalův zákon

## 4 Model technického procesu



Obr. 8 Model technického procesu [8]

Lisování je technický proces, při kterém se transformuje materiál ve stavu 1 na materiál ve stavu 2. Mění se jak jeho vnitřní vlastnosti, tak ty vnější. Zapotřebí je vedlejších vstupů, jimiž jsou energie a hydraulická kapalina, dále pak vedlejších výstupů jako odpady, nečistoty a hluk. Technický proces probíhá v určitém čase a na určitém místě za působení člověka a technických prostředků.

## 5 Morfologická matice

Morfologická matice analyzuje možnosti řešení daného problému po jednotlivých funkcích a jejich možných principech. Ty jsou následně popsány a vyhodnoceny. Výsledkem je ideální řešení dané problematiky.

Vyhodnocení probíhá ze zkušeností, konstrukční náročnosti, zadání a ceny.

<b>Funkce</b>	<b>Funkční princip</b>		
<b>Pohon</b>	Mechanický	Hydraulický	Pneumatický
<b>Hlavní konstrukce</b>	Otevřený tvar C	Uzavřený tvar O	
<b>Počet sloupů</b>	Dva	čtyři	n
<b>Typ rámu</b>	Svařovaný	Odlitek	
<b>Profil sloupů</b>	Tyč	Profil: I, U, O, T	Speciální
<b>Uložení beranu</b>	Kluzné vedení	Kuličkové vedení	
<b>Zabezpečení</b>	Optické závory	Klec	

Obr. 9 Morfologická matice

### 5.1 Popis jednotlivých voleb

#### 5.1.1 Pohon

Pohon vychází z požadavků na lis

Volba: Hydraulika

#### 5.1.2 Hlavní konstrukce

Pro zadanou lisovací sílu 300 tun je vhodnější uzavřený typ. Tento typ má větší stabilitu a tuhost celého systému. Otevřený typ se využívá pro menší lisy a má více volného prostoru pro manipulaci s nástrojem a materiálem.

Volba: Uzavřený O tvar

#### 5.1.3 Počet sloupů

Počet je ovlivněn velikostí lisovací síly. Sloupy musí být navrženy z dovoleného namáhání.

Volba: Čtyři sloupy

#### 5.1.4 Typ rámu

Pro větší lisy je z důvodu vysoké tuhosti a životnosti vhodnější použití odlitek. Odlitek má vysokou tuhost a pevnost. Svařence jsou lehčí, ale nemusí být dostatečně tuhé a odolné proti dynamickému namáhání.

Volba: Odlitek

#### 5.1.5 Profil sloupů

Konstrukčně nejjednodušší je zvolení plných tyčí. Tyče mají dostatečnou pevnost.

Volba: Tyč

#### 5.1.6 Uložení beranu

Uložení beranu vychází z velikosti průměru vodících tyčí. Kuličková ložiska jsou vyráběna do průměru 80 mm. Z výpočtové a konstrukční části jsou volena kluzná vedení uložená v horní i spodní části beranu.

Volba: Kluzné vedení

#### 5.1.7 Zabezpečení

Nejjednodušším způsobem zabezpečení jsou bezpečnostní optické závory. Toto řešení zmenšuje zástavbový prostor. Dělá prostor otevřenějším a snazším pro manipulaci s nástroji a materiálem. Při zapnutém a připraveném stroji v provozu jsou spuštěny optické závory, které zajišťují, aby se nemohla vyskytnout situace, kdy obsluha vloží ruce nebo cizí předmět do pracovního prostoru při lisování.

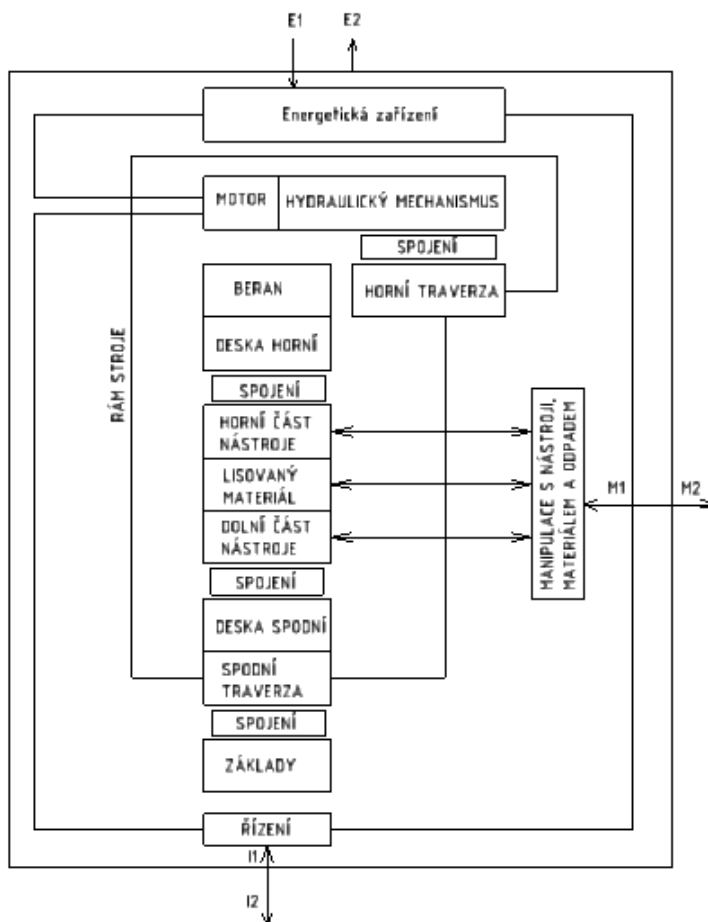
Optické závory musí být rozmístěny po celém obvodu stroje tak, aby byla zajištěna maximální bezpečnost a aby byl pokrytý celý pracovní prostor.

Při přerušení signálu mezi vysílací a přijímací jednotkou optické závory musí dojít k okamžitému zastavení a beran lisu se musí ihned vrátit do výchozí horní polohy a být zajištěn do doby než obsluha odejme vsunutý předmět, opraví a resetuje systém.

Volba: Optické závory



## 6 Struktura systému



Obr. 10 Struktura systému [8]

Struktura systému zobrazuje stavební složení systému. Řízení vyžaduje pro akci informaci  $I_1$  o startu, velikosti lisovací síly a vrací informaci  $I_2$  o proběhnuté akci.

Vstupující materiály  $M_1$  představují dolní a horní části nástroje, pomocné materiály a lisovací materiály. Výstupními materiály  $M_2$  jsou opět dolní a horní části nástroje, pomocné materiály, dále odpady a hotové výlisky.

Do energetického zařízení vstupuje a vystupuje především elektrická energie, která slouží převážně pro pohon motoru a řízení, ale také pro vedlejší zařízení, jako například odměřování, bezpečnostní závory nebo svícení.

Manipulaci s nástroji zajišťuje obsluha pomocí jeřábu nebo vysokozdvížného vozíku.

## **7 Zpracování hydraulického lisu**

### **7.1 Rám lisu**

Rám lisu vychází z konstrukce soustavy. Dle morfologické matice byla vybrána soustava, ta je dále zpracována.

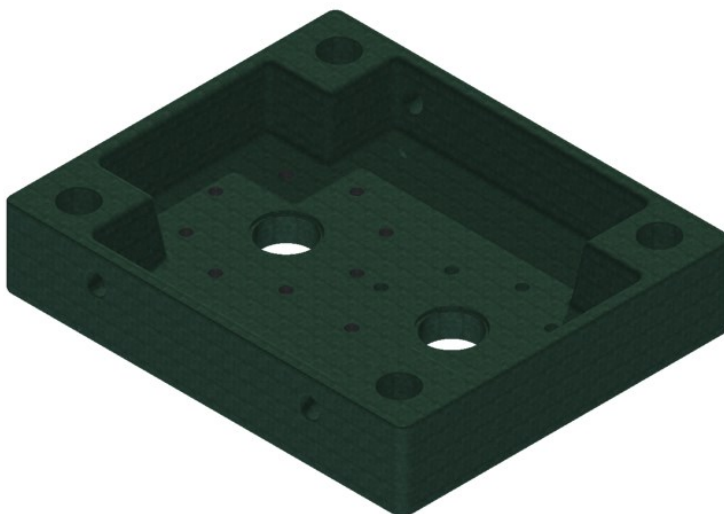
Rám je složen ze dvou nepohyblivých traverz pevně spojených vodícími tyčemi, na nichž je kluzně uložen beran. Přímočarý pohyb beranu je vyvozen hydraulickými válci přišroubovanými přes přírubu k horní traverze. Pístnice je spojena pomocí příruby k beranu lisu.

### **7.2 Traverza horní**

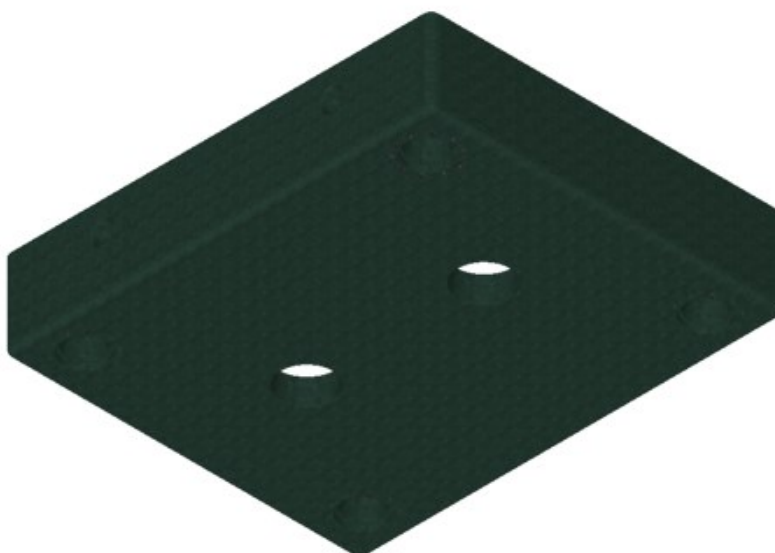
Horní traverza je vyrobena jako odlitek z důvodu její velikosti. Odlitek má dostatečnou tuhost a pevnost. Traverza má dva otvory, které slouží pro průchod hydraulických pístnic a po obvodu jsou otvory se závity pro přišroubování příruby s přírubou hydraulických válců.

Další otvory jsou po obvodu a slouží pro průchod vodících tyčí a také jako nosný element celé horní části.

Součástí horní traverzy jsou transportní otvory o průměru 75 mm. Hmotnost horní traverzy je 2000 kg a je vypočítaná z Inventor 2015. Materiál je litina 42 2420.



Obr. 11 Traverza horní - horní pohled



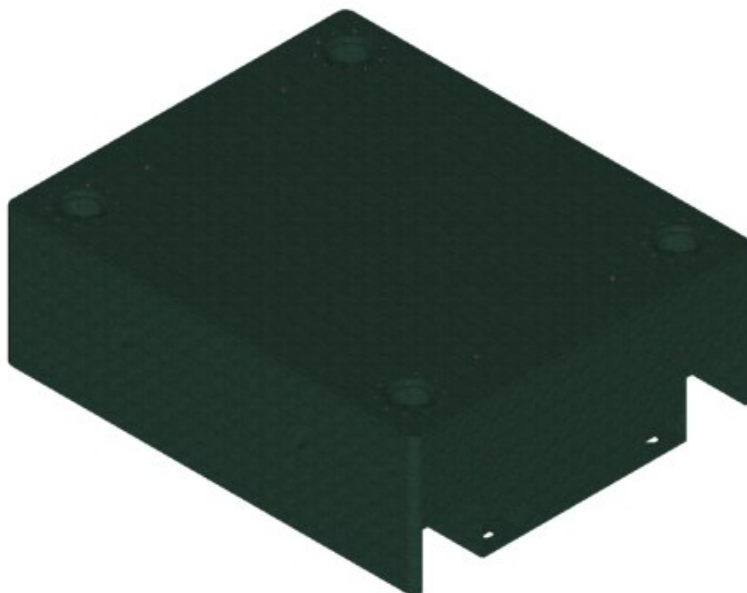
Obr. 12 Traverza horní - spodní pohled

### 7.3 Traverza spodní

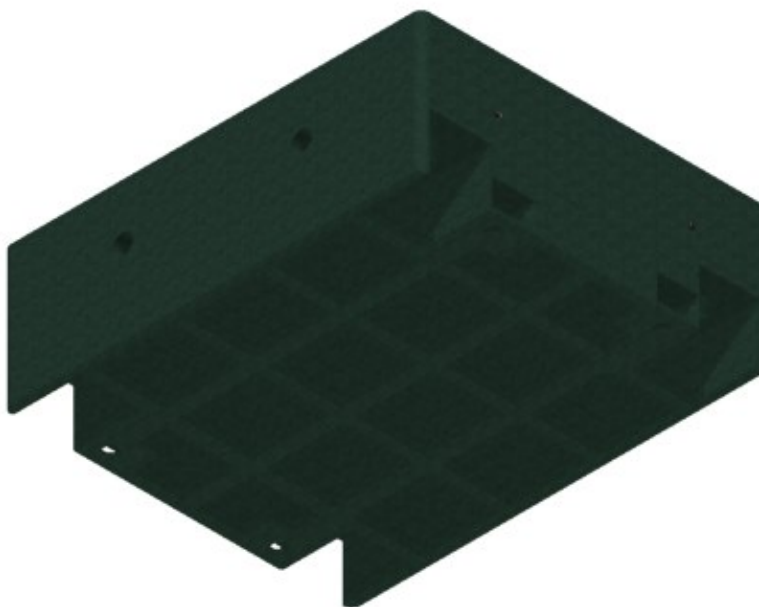
Spodní traverza slouží jako nosná část celého systému a je vyrobena z odlitku. Má v sobě 4 otvory po obvodu pro uchycení vodících tyčí. Na horní části je přišroubována deska pro uchycení nástrojů. Traverza je pevně zakotvena k základům pomocí 4 tyčí předem zabetonovaných v základech.

Odlitek je vyztužen z důvodu snížení hmotnosti při zachování dostatečné tuhosti.

Ve střední části jsou umístěny transportní otvory. Hmotnost 4700 kg je vypočítaná z Inventor 2015. Materiál je litina 42 2420.



Obr. 13 Traverza spodní – horní pohled



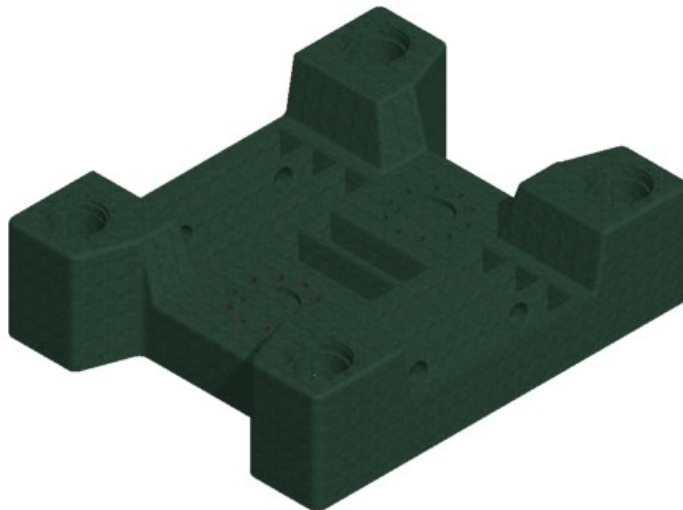
Obr. 14 Traverza spodní – spodní pohled

## 7.4 Beran

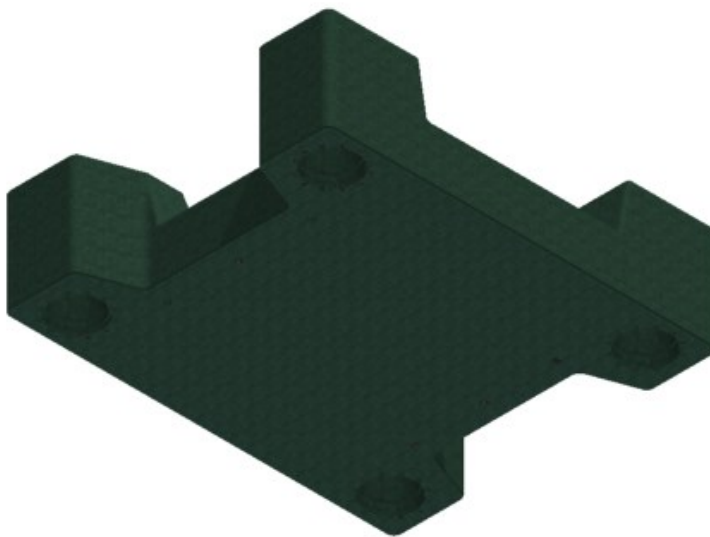
Beran je vyroben jako odlitek, pro snížení hmotnosti je žebrovaný, zároveň musí být zajištěna jeho pevnost a tuhost. Tyto parametry jsou kontrolovány pomocí MKP Inventor 2015. Metoda nám zobrazí a vypočítá deformace a posunutí v jednotlivých místech. Dle toho je možné přibližně navrhnout tvar a velikost průřezu.

Beran je kluzně uložen na vodících tyčích a pohyb je zajištěn hydraulickými pístnicemi, které jsou přišroubovány přes přírubu.

Ve výztuze jsou umístěny transportní otvory o velikosti 75 mm. Hmotnost 2500 kg je vypočítaná z Inventor 2015. Materiál je litina 42 2420.



Obr. 15 Beran - horní pohled



Obr. 16 Beran - spodní pohled

## 7.5 Tyč vodící

Tyče jsou voleny z plného materiálu.

Jsou předeprnuté pomocí předeprnávacích matic. Materiál je zvolen 15 142.

Části tyčí, které jsou usazeny v horní a spodní traverze jsou odlehčeny pro snadnější montáž.



Obr. 17 Tyč vodící

### 7.5.1 Výpočet vodící tyče

#### Zadané parametry:

Mez kluzu (Materiál 15 142)  $R_e = 1177 \text{ MPa}$

Bezpečnost  $k = 4,8$

Lisovací síla  $F = 3000 \text{ kN}$

Předepínací síla na 1 tyč  $F_{p1} = 1500 \text{ kN}$

#### Dovolené napětí tyče

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{1177}{4,8} = 245,208 \text{ MPa} \quad (1)$$

#### Maximální síla tyče

$$F_{max} = \frac{F}{2} + F_{p1} = \frac{3000 \text{ kN}}{2} + 1500 \text{ kN} = 3000 \text{ kN} \quad (2)$$

#### Podmínka dovoleného namáhání

$$\sigma = \frac{F_{max}}{S_{sloupu}} \leq \sigma_D \quad (3)$$

#### Průřez tyče

$$S_{sloupu} = \frac{F_{max}}{\sigma_D} = \frac{\pi \cdot D_{sloupu}^2}{4}$$

#### Průměr tyče

$$D_{sloupu} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot \sigma_D}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000 \text{ kN}}{\pi \cdot 245 \text{ MPa}}} = 124,4 \text{ mm}$$

#### Zaokrouhlený průměr 1 tyče

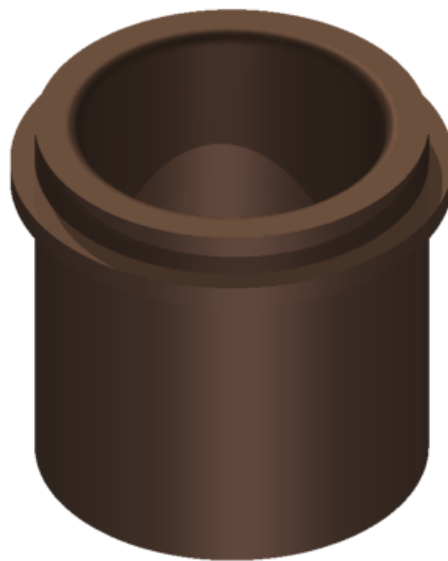
$$D_{sloupu} = 125 \text{ mm}$$



## 7.6 Kluzné ložisko

Pro uložení a vedení beranu lisu ve vodících tyčích je použito kluzné ložisko. Valivé ložisko je vhodnější pro lisy a zajištění rovnoměrného pohybu. Bohužel valivá ložiska se nevyrábí ve větších velikostech ani na zakázku.

Kluzné ložisko je umístěno na obou stranách beranu, čímž způsobuje klidný pohyb s minimálním třením. Je dostatečně tuhé a odolné proti rázům, tlakům a dynamickému namáhání. Materiál je 42 3016.



Obr. 18 Kluzné ložisko

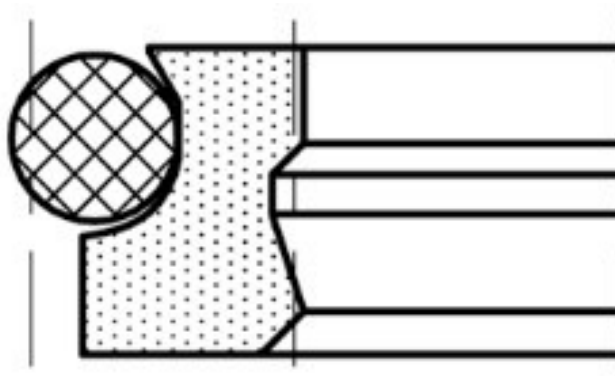
## 7.7 Stírací kroužek

Stírací kroužek je uložen ve víku beranu a slouží pro zamezení vniknutí nečistot do kluzného vedení, čemuž je zabráněno zvýšenému tření, opotřebení a poškození jak ložiska, tak vodící tyče.

Je použit kroužek firmy Rubena. Typ AD61 125x137,2/ 8,1 PTFE/NBR DIN sloužící pro hydraulická zařízení z materiálu PTFE-Bronz/ NBR 70 s rychlostí posuvu do  $15 \text{ m.s}^{-1}$  a s teplotním rozsahem  $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  až do  $+100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

AD61 je dvojčinný kroužek vyrobený z PTFE a doplněný o O-kroužek z NBR, který zajišťuje předpětí. Kroužek stírá nečistoty z povrchu vedení a druhý kroužek zadržuje zbytkový olej.

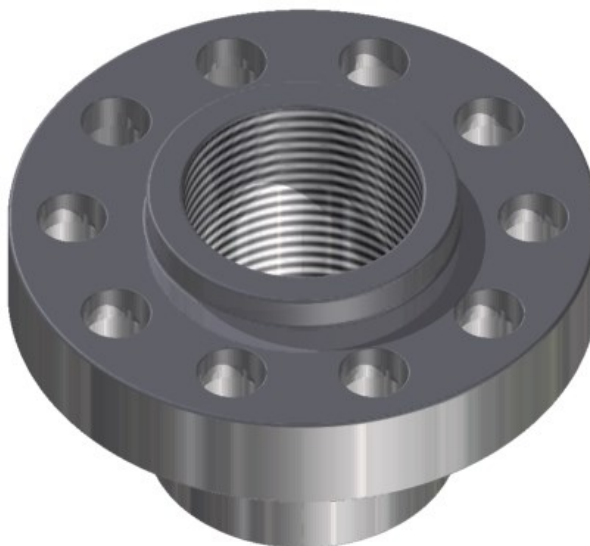
Tento kroužek je vhodný díky kluzným vlastnostem PTFE do aplikací s krátkými zdvihy, vysokou rychlostí pohybů a frekvencí zdvihů.



Obr. 19 Stírací kroužek [9]

## 7.8 Příruba

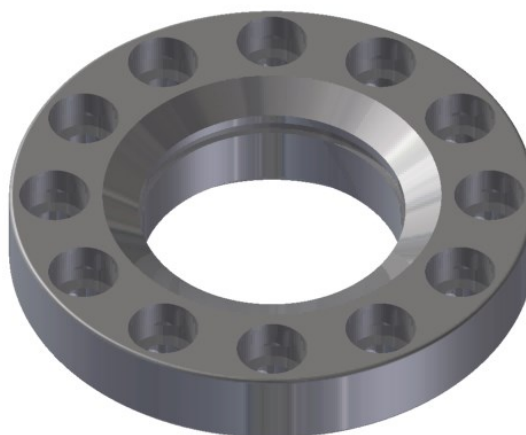
Příruba je našroubována na pístnici a dále přišroubována k beranu lisu pomocí 8xM36. Materiál příruby je 11 500.



Obr. 20 Příruba

## 7.9 Víko vedení

Víko vedení je přišroubováno k beranu z obou stran a vede vodící tyče. O víko je opřeno kluzné ložisko. Součástí víka je stírací kroužek. Materiál je 11 500.



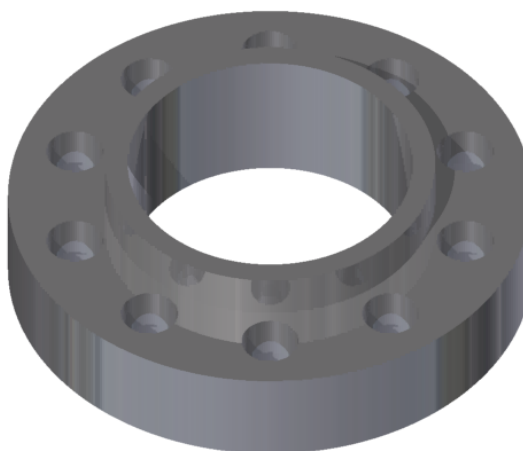
Obr. 21 Víko vedení - pohled 1



Obr. 22 Viko vedení - pohled 2

### 7.10 Vložka vedení

Vložka vedení je příruba, kterou prochází vodící tyče a je přišroubována k horní a spodní traverze. Materiál je 11 500.



Obr. 23 Vložka vedení

### 7.11 Deska pro uchycení nástrojů

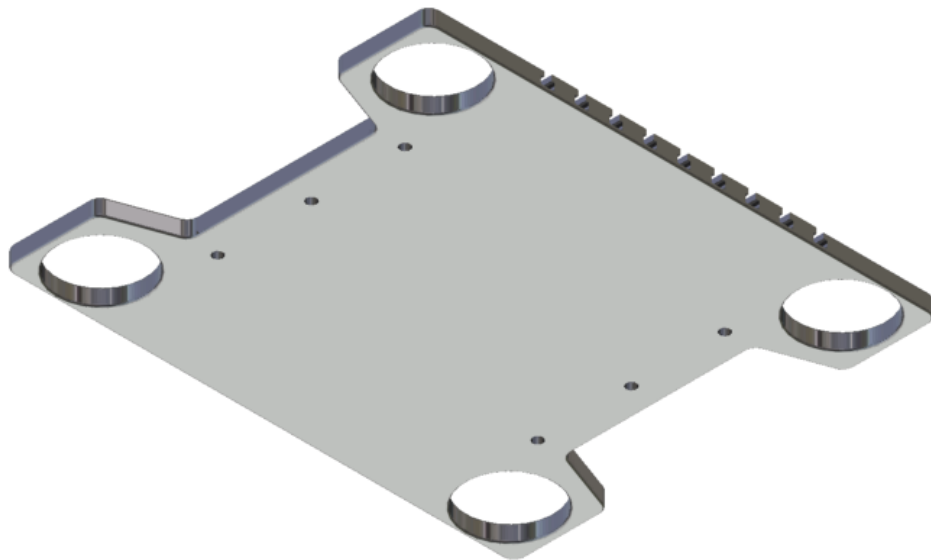
Deska slouží pro uchycení nástrojů. Dle normy ČSN 02 1030 má obrobené T- drážky o velikosti 22 mm a rozteči drážek P 125 mm. Materiál desek je 11 500.

### 7.11.1 Deska

Deska je přišroubována k beranu lisu pomocí 6 šroubů.



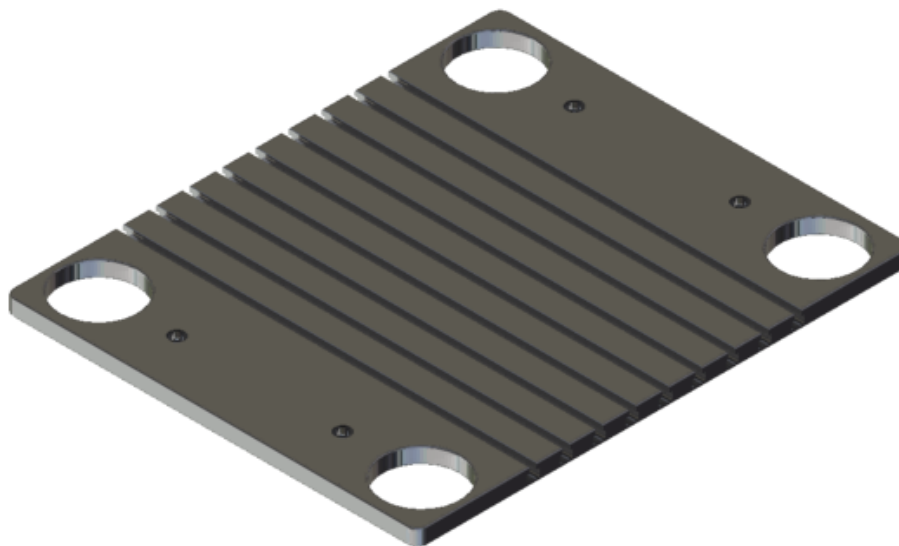
Obr. 24 Deska - horní pohled



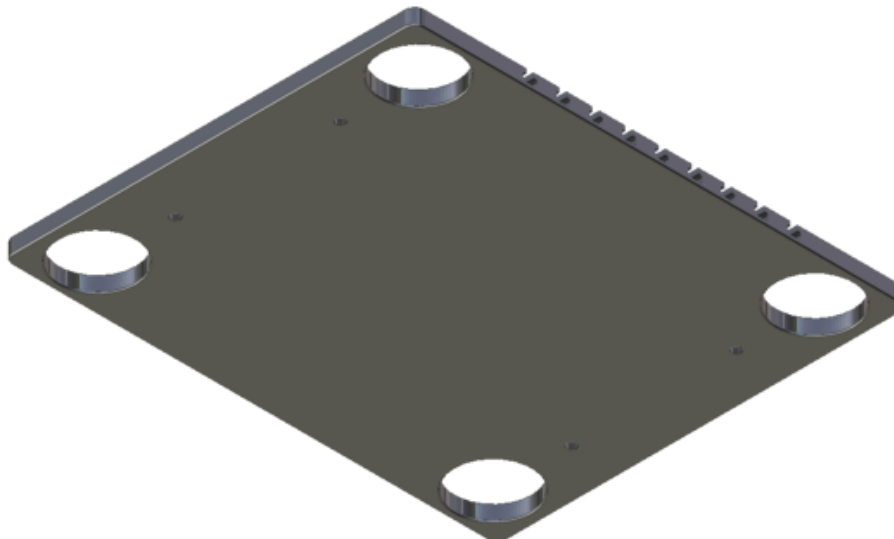
Obr. 25 Deska - spodní pohled

### 7.11.2 Deska spodní

Deska je přišroubována pomocí 4 šroubů ke spodní traverze.



Obr. 26 Deska spodní - horní pohled



Obr. 27 Deska spodní - spodní pohled

## 7.12 Předepínací matice

Předepínací matice slouží k uchycení každého sloupu zvlášť ke spodní a horní traverze. Předepnutí tyčí je použito z důvodu zajištění maximálně stabilní polohy, a to i proti tomu nejmenšímu pohybu a maximální tuhosti stroje. Předepínací matice je složena z hlavní matice s vnitřním závitem, který je zašroubován na vodící tyč, a z opěrného kaleného kroužku, jenž dosedá na pevné části. Opěrný kroužek je pomocí šroubů po obvodě matice rovnoměrně dotažen a přitlačen k pevné části. Tyto odtahovací šrouby převádějí předpětí na hlavní závít a tím na spoj. Hlavní závít je namáhán pouze tahem.

Je zvolena předepínací matice firmy Nord-lock, ta se zabývá šroubovými spoji a jejich ideálním řešením. Z katalogu je vybrána matice Superbolt jenž je dále popsána a vypočítaná. [10]



Obr. 28 Předepínací matice Nord-lock [10]

### 7.12.1 Výpočet předepínací matice

#### Parametry lisu

Lisovací síla	$F = 3000 \text{ kN}$
Počet tyčí lisu	$n = 4$
Parametr předepnutí	$p = 2$

**Parametry zvolené matice**

GR5-M125x6(Materiál 2CrMo4)	$R_m = 809 \text{ MPa}$
Počet šroubů	$n_{\text{šr}} = 16$
Velikosti šroubů	$M20 \times 1,5$
Stoupání závitu	$P = 1,5 \text{ mm}$
Střední průměr závitu	$d_2 = 19,026 \text{ mm}$
Délka závitu šroubu	$l_z = 81 \text{ mm}$
Součinitel tření	$f = 0,2$

**Součinitel tření v závitu**

$$f_z = \frac{f}{\cos(30^\circ)} = \frac{0,2}{\cos(30^\circ)} = 0,2309 \quad (4)$$

**Síla lisu na tyč**

$$F_1 = \frac{F}{n} = \frac{3000 \text{ kN}}{4} = 750 \text{ kN} \quad (5)$$

**Předepínací síla na tyč**

$$F_{p1} = F_1 * p = 750 * 2 = 1500 \text{ kN} \quad (6)$$

**Předepínací síla na šroub**

$$F_{p1\text{š}} = \frac{F_{p1}}{n_{\text{šr}}} = \frac{1500 \text{ kN}}{16} = 93,75 \text{ kN} \quad (7)$$

**Úhel stoupání šroubovice**

$$\vartheta = \arctg\left(\frac{P}{\pi * d_2}\right) = \arctg\left(\frac{1,5}{\pi * 19,026}\right) = 1,4375 \quad (8)$$

**Třecí úhel**

$$\varphi = \text{atan}(f_z) = \text{atan}(0,2309) = 13,0017 \quad (9)$$

**Utahovací moment jedno šroubu**

$$M_{\text{š}} = F_{p1\text{š}} * [\tan(\vartheta + \varphi)] * \frac{d_2}{2} = 93,75 \text{ kN} * [\tan(1,4375 + 13,0017)] * \frac{19,026}{2} = 229,69 \text{ Nm} \quad (10)$$



Z katalogu výrobce Nord-lock je vybrána předepínací matice GR5-M125x6 a utahovací moment je vypočítán na každý šroub 230 Nm.

### 7.13 Odměřování

Pro přesné odměřování polohy beranu lisu je použito lineární odměřování polohy a měření vzdálenosti od výrobce Balluf. Je zvoleno lineární odměřování Micropulse, jež se vyznačuje přesností a spolehlivostí. Výstupní signál s vysokým rozlišením slouží jako absolutní signál pro řídicí jednotku s širokým rozsahem různých rozhraní.

Pevná část je přichycená k horní a spodní traverze. Na beran lisu je přišroubován magnet, který jezdí a odměřuje přesnou polohu.

Z katalogu výrobce je vybráno odměřování Micropulse BALLUFF BTL5-A11-M1200-P-S32



Obr. 29 Odměřování Balluf [11]

### 7.14 Světelné závory

Bezpečnostní světelné závory lze využít pro různá zařízení a aplikace. Fungují na principu světelných paprsků mezi vysílačem a přijímačem. Jakmile nastane přerušení světelného paprsku, bezpečnostní světelná závora vypne bezpečnostní vstupy, dojde k přerušení bezpečnostního obvodu a stroj nebo pohyby části stroje se zastaví. Na trhu existuje celá řada produktů lišících se funkcemi, rozlišením, úrovní ochrany a provozní vzdáleností.

Použití bezpečnostní závory se provádí tam, kde je potřeba zajistit stálý a neomezený přístup do pracovního a nebezpečného prostoru se stálou manipulací s materiálem nebo v místech, kde je mechanická ochrana ergonomicky nevhodná nebo nepraktická.

Normy EN 954-1 a EN 415-4 popisují požadavky na přerušení bezpečnostní funkce světelných závor.

Uvedení stroje do opětovného provozu je povoleno pouze po záměrném zákroku obsluhy stroje po dosažení opětovných bezpečných podmínek.

Z důvodu zabezpečení obsluhy a zamezení nehod na lidských životech nebo na materiálech jsou použity světelné závory. Tyto optické světelné závory slouží pro nouzové zastavení hydraulického lisu a zajištění polohy. Závory musí být umístěny tak, aby byla zajištěna maximální bezpečnost a nehrozilo z žádných prostorů vniknutí cizího předmětu do lisovacího prostoru.

Světelná závora musí být dimenzována tak, aby vždy pokryla otevřené prostory a byla zajištěna maximální bezpečnost celého systému. Při volbě světelných závor se vychází z šířky a délky ochranného pole.

Četnost rizik u hydraulických lisů je vysoká a hrozí vážné poranění.



Obr. 30 Světelná závora [12]

---

Proto je volena kategorie 4, která určuje závažnost poranění. [12]

Výpočet bezpečnostní vzdálenosti určuje norma EN999.

**Minimální vzdálenost od nebezpečné zóny**

$$S = K * T = 1600 * 0,2 = 320 \text{ mm} \quad (11)$$

K = Rychlost pohybu těla nebo částí těla ( $\text{mm.s}^{-1}$ )

**Celková doba zastavení**

$$T = T_1 + T_2 \quad (12)$$

$T_1$  = Doba odezvy bezpečnostní světelné závory

$T_2$  = Doba do zastavení stroje

Celková doba zastavení zvolena 0,2 s.

Z katalogu je zvolena optická závora SG4-Base s délkou 1200 mm.

## 8 Hydraulika

### 8.1 Hydraulický válec

Lisovací síla je vyvozována pomocí hydraulických válců, které jsou přišroubovány k horní traverze. Válce mají dvojčinné hydraulické písty. Pístnice jsou přišroubované k posuvnému beranu. Obojí spojení je pomocí přírub pro vyrovnání nepřesností a snazší opravu.



Obr. 31 Hydraulický válec - pohled 1



Obr. 32 Hydraulický válec - pohled 2

## 8.2 Výpočet hydraulického válce

### 8.2.1 Výpočet průměru pístu

#### Parametry

Tlak nad válcem  $p_1 = 30,6 \text{ MPa}$

Lisovací síla  $F_1 = 3 \text{ MN}$

Počet hydraulických válců  $n = 2$

#### Výpočet průměru jednoho pístu

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{n \cdot p_1 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 10^6}{2 \cdot 30,6 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 249,8 \text{ mm} \quad (13)$$

Zvolený průměr jednoho pístu dle katalogového listu Bosch Rexroth

$$d_1 = 250 \text{ mm}$$

#### Skutečná lisovací síla na jednom válci

$$F_{1skut} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = 30,6 \cdot \frac{\pi \cdot 250^2}{4} = 1501 \text{ kN} \quad (14)$$

**Skutečná lisovací síla lisu**

$$F_{1vyp} = F_{1skut} * n = 1501.10^3 * 2 = 3 \text{ MN} \quad (15)$$

**8.2.2 Výpočet průměru pístnice**

Tlak pod válcem  $p_2 = 30,6 \text{ MPa}$

**Průměr pístnice (10% navýšení z důvodu třecích ztrát)**

$$d_2 = \sqrt{d_1^2 - \frac{4 * (F_{1skut} * 1,1)}{p_2 * \pi * n}} = \sqrt{250^2 - \frac{4 * (1501.10^3 * 1,1)}{35 * \pi * 2}} = 167,70 \text{ mm} \quad (16)$$

**Volba pístnice dle katalogu**

$$d_2 = 180 \text{ mm}$$

**Kontrola průměru pístnice**

Mez kluzu pro materiál 16 532  $Re = 1370 \text{ MPa}$

Bezpečnost  $k = 5$

**Maximální dovolené napětí pístnice**

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{1370}{5} = 274 \text{ MPa} \quad (17)$$

**Nejmenší dovolený průměr pístnice**

$$d_{2dov} = \sqrt{\frac{4 * F_{1vyp}}{\pi * \sigma_D}} = \sqrt{\frac{4 * 3.10^6}{\pi * 274}} = 118 \text{ mm} \quad (18)$$

**Podmínka splněna**

$$d_2 > d_{2dov} \quad (19)$$

**8.2.3 Výpočet stěny hydraulického válce**

Mez kluzu pro materiál 16 532  $Re = 1370 \text{ MPa}$

Bezpečnost  $k = 5$

**Maximální dovolené napětí válce**

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{1370}{5} = 274 \text{ MPa} \quad (20)$$

**Poměrový koeficient tloušťky stěny válce**

$$X = \frac{D}{d_1} \quad (21)$$

**Dle teorie HMM**

$$\sigma_{RED,HMH} = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_r^2 + \sigma_t^2 - \sigma_o * \sigma_r - \sigma_r * \sigma_t - \sigma_o * \sigma_t} \quad (22)$$

$$X_{HMH} = \sqrt{\frac{\sigma_D}{\sigma_D - \sqrt{3} * p_1}} = \sqrt{\frac{236}{274 - \sqrt{3} * 35}} = 1,388 \quad (23)$$

$$D_{HMH} = X_{HMH} * d_1 = 1,388 * 250 = 278,36 \text{ mm} \quad (24)$$

**Dle teorie Saint-Venant:**

$$\sigma_{RED,SV} = \sigma_t - \mu * (\sigma_r + \sigma_o) \quad (25)$$

$$X_{SV} = \sqrt{\frac{\sigma_D + p_1 * 0,4}{D - 1,3 * p_1}} = \sqrt{\frac{274 + 30,6 * 0,4}{250 - 1,3 * 30,6}} = 1,105 \quad (26)$$

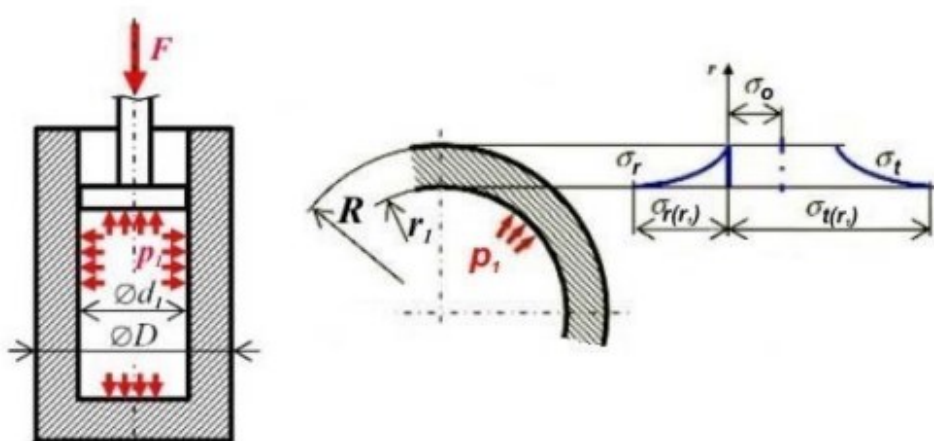
$$D_{SV} = X_{SV} * d_1 = 1,105 * 250 = 276,37 \text{ mm} \quad (27)$$

**Vnější průměr válce**

$$D = 324 \text{ mm}$$

**Tloušťka stěny válce**

$$\delta = \frac{D - d_1}{2} = \frac{324 - 250}{2} = 37 \quad (28)$$



Obr. 33 Zatížení válce [13]

**Napětí působící na dno válce**

$$\sigma_o = \frac{F}{S_{dna}} = \frac{p_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}} = \frac{p_1 \cdot d_1^2}{D^2 - d_1^2} = \frac{p_1}{X^2 - 1} \quad (29)$$

$$\sigma_o = \frac{p_1 \cdot d_1^2}{D^2 - d_1^2} = \frac{30,6 \cdot 250^2}{324^2 - 250^2} = 45,02 \text{ MPa}$$

**Radiální napětí ve válci na vnitřním poloměru**

$$\sigma_{r,r1} = -p_1 = -30,6 \text{ MPa} \quad (30)$$

**Radiální napětí ve válci na vnějším poloměru**

$$\sigma_{r,R} = 0 \text{ MPa} \quad (31)$$

**Tečné napětí ve válci na vnitřním poloměru**

$$\sigma_{t,r1} = 2 \cdot \sigma_o + p_1 = 2 \cdot 45,02 + 30,6 = 120,65 \text{ MPa} \quad (32)$$

**Tečné napětí ve válci na vnějším poloměru**

$$\sigma_{t,R} = 2 \cdot \sigma_o = 2 \cdot 45,02 = 90,05 \text{ MPa} \quad (33)$$

**Maximální napětí ve válci**

$$\sigma_{MAX} = \sigma_{t,r1} = 120,65 \text{ MPa} \quad (34)$$

**Podmínka maximálního dovoleného napětí – Splněno**

$$\sigma_{MAX} < \sigma_{dov} \quad (35)$$

Byl navržen a zkontrolován hydraulický válec s vnitřním průměrem pístu 250 mm, tloušťkou stěny 37 mm a průměrem pístnice 180 mm.

Typ CDH3MF3/250/180/500A3X.



### 8.3 ČERPADLO A ELEKTROMOTOR



Obr. 34 Čerpadlo [14]

#### 8.3.1 Potřebné dodávané množství Q

##### Zadané parametry

$$\text{Rychlost beranu dolů} \quad v = 80 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{Rychlost beranu nahoru} \quad v_2 = 50 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$$

##### Potřebné dodané množství kapaliny při pohybu dolů

$$Q_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot n = \frac{\pi \cdot 250^2}{4} \cdot 80 \cdot 2 = 471 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \quad (36)$$

##### Potřebné dodané množství kapaliny při pohybu nahoru

$$Q_{v2} = \frac{\pi \cdot (d^2 - d_2^2)}{4} \cdot v_2 \cdot n = \frac{\pi \cdot (250^2 - 180^2)}{4} \cdot 50 \cdot 2 = 141 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \quad (37)$$

#### 8.3.2 Geometrický objem čerpadla

##### Parametry

$$\text{Účinnost} \quad \eta = 0,9$$

$$\text{Otáčky motoru} \quad n_M = 1450 \text{ min}^{-1}$$

##### Průtok čerpadla

$$Q_V = V_g \cdot n_M \cdot \eta \quad (38)$$

### Objem čerpadla

$$V_g = \frac{Q_V}{n_M} * \frac{1}{\eta} = \frac{471}{1450} * \frac{1}{0,9} = 7850000 \text{ mm}^3 * \text{s}^{-1} = 0,360 \text{ l} \quad (39)$$

Dle katalogu Bosch Rexroth bylo vybráno čerpadlo A4VSO 180 LR2D s regulací na konstantní výkon.

Technical data									
Nominal size				40	71	125	180	250	
Nominal pressure	$p_N$	bar		350	350	350	350	350	
Maximum pressure	$p_{max}$	bar		400	450	450	450	450	
Displacement	$V_{g \max}$	cm <sup>3</sup>		40	71	125	180	250	
Speed	Max. speed	$n_{max}$	rpm	2600	2200	1800	1800	1500	
Flow	at $n_{max}$	$q_{V \max}$	l/min	104	156	225	324	375	
Power	$\Delta p = 350 \text{ bar}$	$P_{max}$	kW	61	91	131	189	219	
Torque	$\Delta p = 350 \text{ bar}$	$T_{max}$	Nm	223	395	696	1002	1391	
Weight (approx.)		$m$	kg	39	53	88	102	184	

Obr. 35 Technické parametry A4VSO 180 [14]

## 8.4 Volba elektromotoru

Volba elektromotoru vychází z praxe. Pomocí programu používaného odborníky z Bosch Rexroth je navrhnout elektromotor.

U T 1 5 Didaktik		MANNESMANN REXROTH	
Volumenstrom {Pumpe}			
Verdrängungsvolumen -----	U =	180.00	ccm/U
Antriebsdrehzahl -----	n =	1480.00	1/min
Volumetrischer Wirkungsgrad (100) -----	=	100.00	%
Volumenstrom {Pumpe} -----	Q =	266.40	L/min
Leistungsberechnung I			
Volumenstrom {Pumpe} -----	Q =	89.05	L/min
Betriebsdruck -----	p =	315.00	bar
Gesamtwirkungsgrad (85) -----	=	85.00	%
Antriebsleistung -----	P =	55.00	kW
Leistungsberechnung II			
Volumenstrom {Pumpe} -----	Q =	266.00	L/min
Betriebsdruck -----	p =	105.45	bar
Gesamtwirkungsgrad (85) -----	=	85.00	%
Antriebsleistung -----	P =	55.00	kW
Gesamtantriebsleistung			
Antriebsleistung I -----	P1 =	55.00	kW
Antriebsleistung II -----	P2 =	55.00	kW
Gesamtantriebsleistung {P1+P2} -----	Pges =	110.00	kW
Auswahlreihe: [F6] Elektromotoren			

Obr. 36 Volba elektromotoru [16]

Z programu vyplývá:

Dodávka oleje čerpadla pro rychloposuv hydraulických válců  $226 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  při maximálním tlaku 105 bar.

Dodávka oleje čerpadla pro lisování  $89 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  při maximálním tlaku 315 bar.

Z návrhu vychází elektromotor 55 kW při otáčkách  $1450 \text{ min}^{-1}$ .

#### 8.4.1 Návrh průměru potrubí

V sacím potrubí musí být laminární proudění, tj. rychlost v sacím potrubí nesmí překročit  $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  - volí se v rozsahu  $0.5\text{-}1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Rychlost v sacím potrubí  $v_{sp} = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_V = S_{sp} \cdot v_{sp} \quad (40)$$

**Průměr sacího potrubí**

$$d_{sp} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot v_{sp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 471 \cdot 1000}{\pi \cdot 1,5 \cdot 60}} = 81,6 \text{ mm} \quad (41)$$

Ve výtlačném potrubí se připouští turbulentní proudění - tj. rychlost se volí  $5\text{-}10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Rychlost ve výtlačném potrubí  $v_{vp} = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$Q_V = S_{vp} \cdot v_{vp} \quad (42)$$

**Průměr výtlačného potrubí**

$$d_{vp} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot v_{vp}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 471 \cdot 1000}{\pi \cdot 8 \cdot 60}} = 35,35 \text{ mm} \quad (43)$$

V odpadním potrubí se připouští rychlost 2-5 m.s<sup>-1</sup>.

Rychlost odpadního potrubí  $v_{op} = 4$

$$Q_V = S_{op} \cdot v_{op} \quad (44)$$

**Průměr odpadního potrubí**

$$d_{op} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot v_{op}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 471 \cdot 1000}{\pi \cdot 4 \cdot 60}} = 50 \text{ mm} \quad (45)$$

#### 8.4.2 Čas pojezdu

Zdvih  $h = 500 \text{ mm}$

**Čas pohybu beranu dolů**

$$t = \frac{h}{v} = \frac{500}{80} = 6,25 \text{ s} \quad (46)$$

**Čas pohybu beranu nahoru**

$$t_2 = \frac{h}{v_2} = \frac{500}{50} = 10 \text{ s} \quad (47)$$

### 8.4.3 Parametry hydraulických válců

Parametry válce 250/180-500 při daném čerpadle a elektromotoru pro rychloposuv

U T 15 Didaktik		Hydraulikzylinder « Standardberechnung »		MANNESMANN REXROTH	
E	Kolbendurchmesser	d1 =	250.00	mm	
I	Stangendurchmesser	d2 =	180.00	mm	
N	Zylinderhub	h =	500.00	mm	
G	Volumenstrom {Pumpe}	QP =	133.00	L/min	
A	Ausfahrzeit	t1 =	11.07	s	
B	Ausfahrgeschwindigkeit	v1 =	45.16	mm/s	
E	Einfahrzeit	t2 =	5.33	s	
N	Einfahrgeschwindigkeit	v2 =	93.77	mm/s	
A	Kolbenfläche	A1 =	490.87	cm <sup>2</sup>	
U	Ringfläche	A2 =	236.40	cm <sup>2</sup>	
S	Flächenverhältnis	A1/A2 =	2.08		
G	Ausfahrvolumen	V1 =	24.54	L	
A	Einfahrsvolumen	V2 =	11.82	L	
B	Pendelvolumen	V3 =	12.72	L	
E	Ausfahrsvolumenstrom	Q1 =	133.00	L/min	
N	Einfahrsvolumenstrom	Q2 =	133.00	L/min	
Ausgaben: [F8] Gesamtzeit und Ventildurchsatz					

Obr. 37 Parametry válce při rychloposuvu [16]

Parametry válce 250/180-500 při daném čerpadle a elektromotoru pro lisování

U T 15 Didaktik		Hydraulikzylinder « Standardberechnung »		MANNESMANN REXROTH	
E	Kolbendurchmesser	d1 =	250.00	mm	
I	Stangendurchmesser	d2 =	180.00	mm	
N	Zylinderhub	h =	500.00	mm	
G	Volumenstrom {Pumpe}	QP =	45.00	L/min	
A	Ausfahrzeit	t1 =	32.72	s	
B	Ausfahrgeschwindigkeit	v1 =	15.28	mm/s	
E	Einfahrzeit	t2 =	15.76	s	
N	Einfahrgeschwindigkeit	v2 =	31.73	mm/s	
A	Kolbenfläche	A1 =	490.87	cm <sup>2</sup>	
U	Ringfläche	A2 =	236.40	cm <sup>2</sup>	
S	Flächenverhältnis	A1/A2 =	2.08		
G	Ausfahrsvolumen	V1 =	24.54	L	
A	Einfahrsvolumen	V2 =	11.82	L	
B	Pendelvolumen	V3 =	12.72	L	
E	Ausfahrsvolumenstrom	Q1 =	45.00	L/min	
N	Einfahrsvolumenstrom	Q2 =	45.00	L/min	
Ausgaben: [F8] Gesamtzeit und Ventildurchsatz					

Obr. 38 Parametry válce při lisování [16]

## 8.5 Lisovací síly v hydraulickém válci

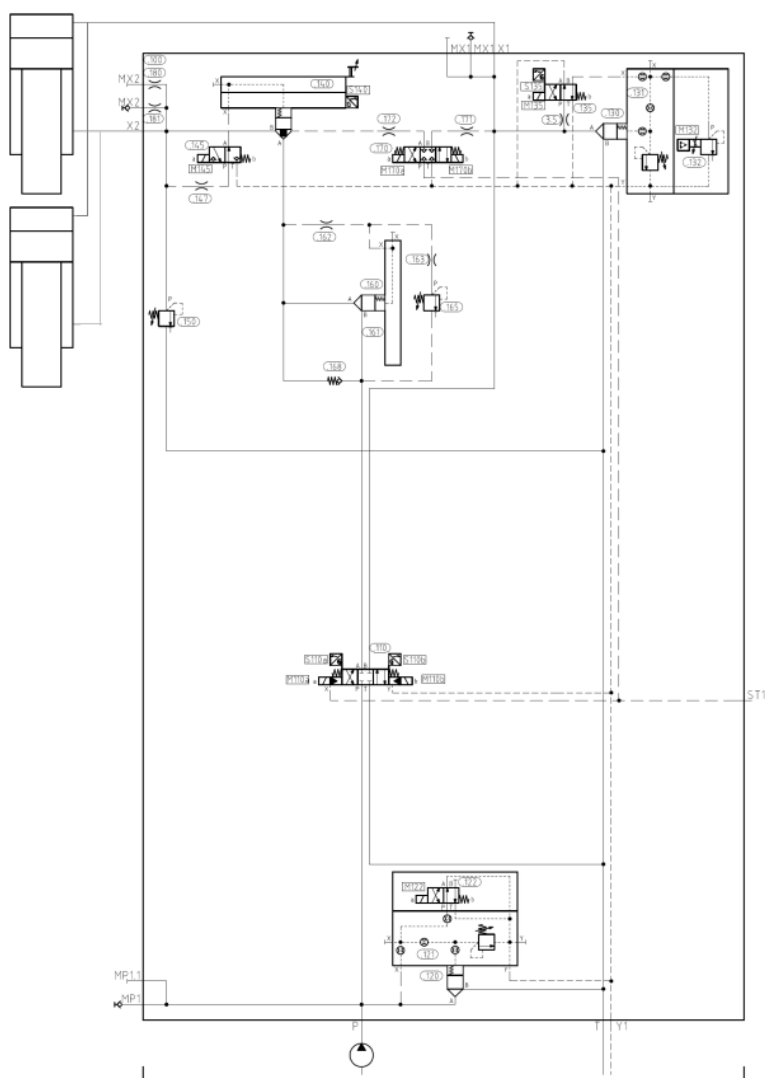
U T 1 5 Didaktik		Kraftberechnung « Standardberechnung »		MANNESMANN REXROTH	
E	Kolbendurchmesser -----	d1 =	250.00	mm	
I	Stangendurchmesser -----	d2 =	180.00	mm	
N	Ausfahrkraft -----	F1 =	1500.00	kN	
G	Einfahrkraft -----	F2 =	250.00	kN	
A	Ausfahrdruck -----	p1 =	305.58	bar	
B	Einfahrdruck -----	p2 =	105.75	bar	
E	Ausfahrwirkungsgrad {92 - (100) % } -----	=	100.00	%	
N	Einfahrwirkungsgrad {90 - (100) % } -----	=	100.00	%	
	Zylinderhub -----	h =	500.00	mm	
Entspannungsschlag zu erwarten $\Delta U > 60$ ccm					
A	Kompressionsvolumen bei vollem Zylinderhub				
U	beim Ausfahren mit Ausfahrdruck p1 -----	$\Delta U_{p1}$ =	525.00	ccm	
S	beim Einfahren mit Einfahrdruck p2 -----	$\Delta U_{p2}$ =	87.50	ccm	
G	Längenänderung bei vollem Zylinderhub und				
A	voller Druckdifferenz durch äußere Kraft				
B	beim Ausfahren mit Ausfahrdruck p1 -----	$\Delta h_{p1}$ =	10.70	mm	
E	beim Einfahren mit Einfahrdruck p2 -----	$\Delta h_{p2}$ =	3.70	mm	
N					
Ausgaben: [F8] Flächen- und Volumenwerte sowie Ringraumdruck					

Obr. 39 Lisovací síly ve válci [16]

## 9 Schéma hydraulického zapojení

Zapojení hydraulických prvků musí být provedeno dle normy DIN EN693:2009 a legislativy pro tento druh lisu. Zapojení je možno navrhnout a zvolit dle různých parametrů.

Pro tento lis a jeho použití dostačuje základní provedení zapojení, jež představují dva hlídané ventily, které zajistí polohu při stopu a třetí pojistný ventil sloužící k zajištění polohy pro vlastní váhu beranu.

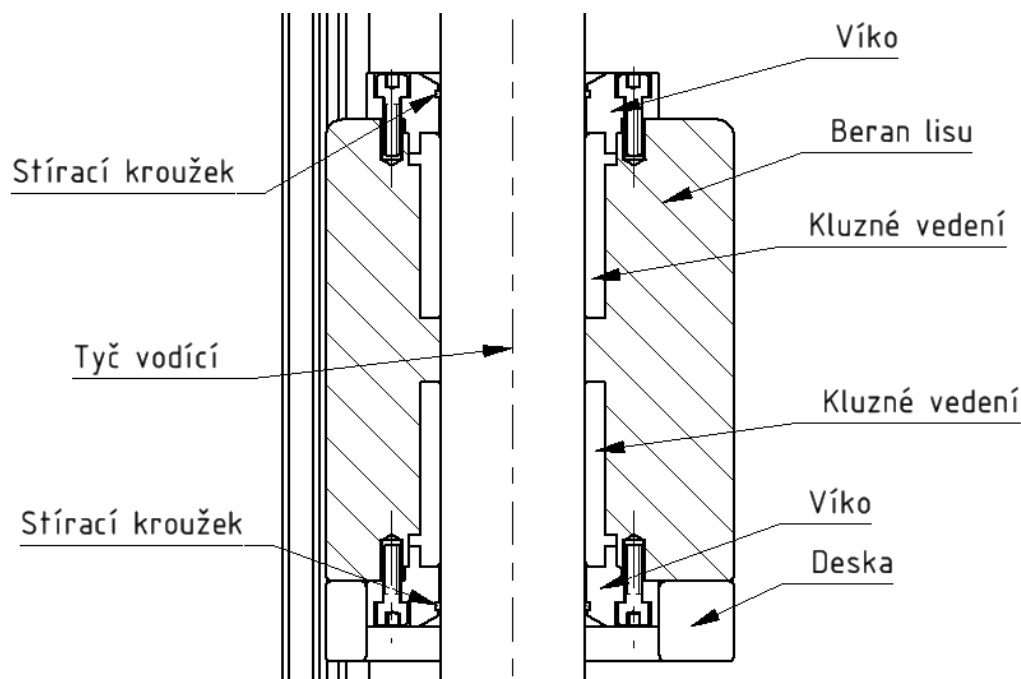


Obr. 40 Schéma hydraulického zapojení

## 10 Uložení

### 10.1 Uložení beranu na tyč vodící

Beran je uložen na osmi kluzných ložiscích zajištěnými víky. Víka jsou přišroubována k beranu lisu pomocí šroubů a jsou v nich umístěny stírací kroužky pro zamezení vniknutí nečistot do kluzných ložisek.

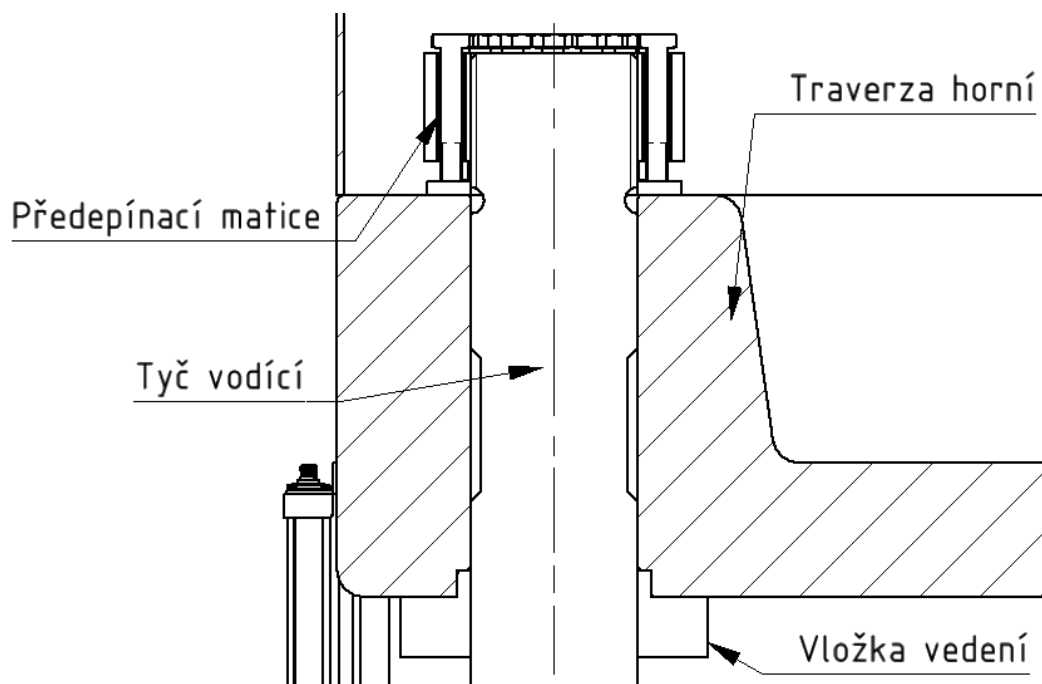


Obr. 41 Uložení beranu na vodícím sloupu



## 10.2 Uložení traverzy horní

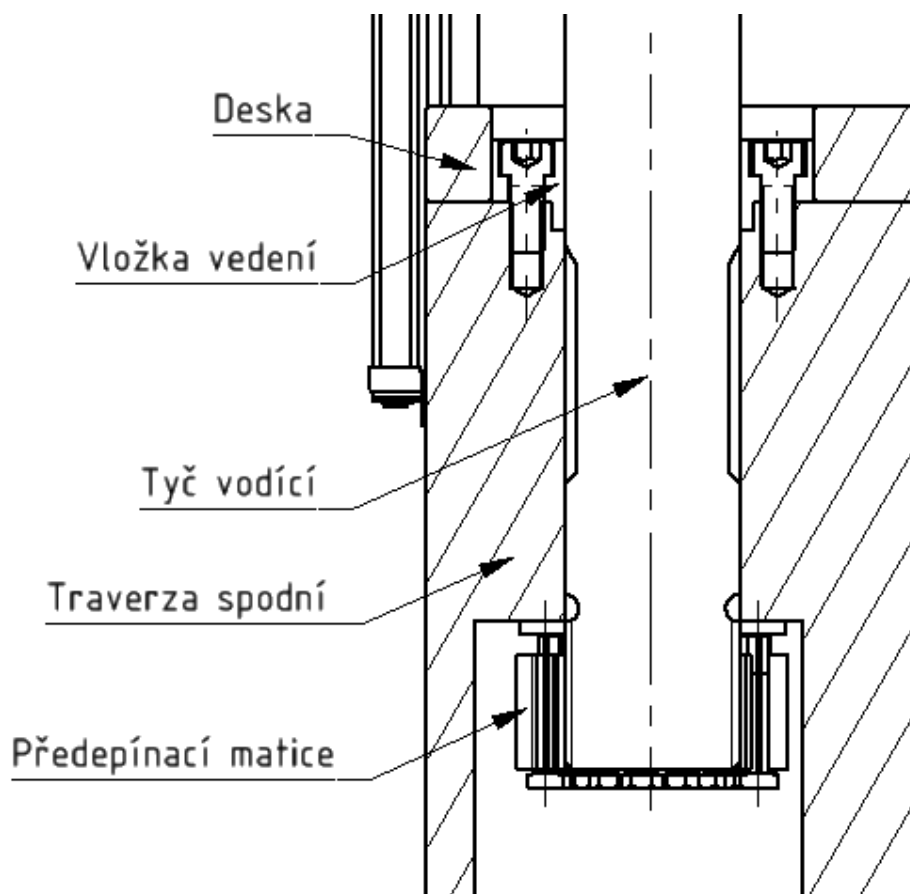
Horní traverza je zajištěna pomocí víka zašroubovaného zespodu. V horní části je předepínací matice sloužící pro předepnutí vodících tyčí. Vodicí tyč je odlehčena pro snazší montáž a snížení napětí.



Obr. 42 Uložení traverzy horní

### 10.3 Uložení traverzy spodní

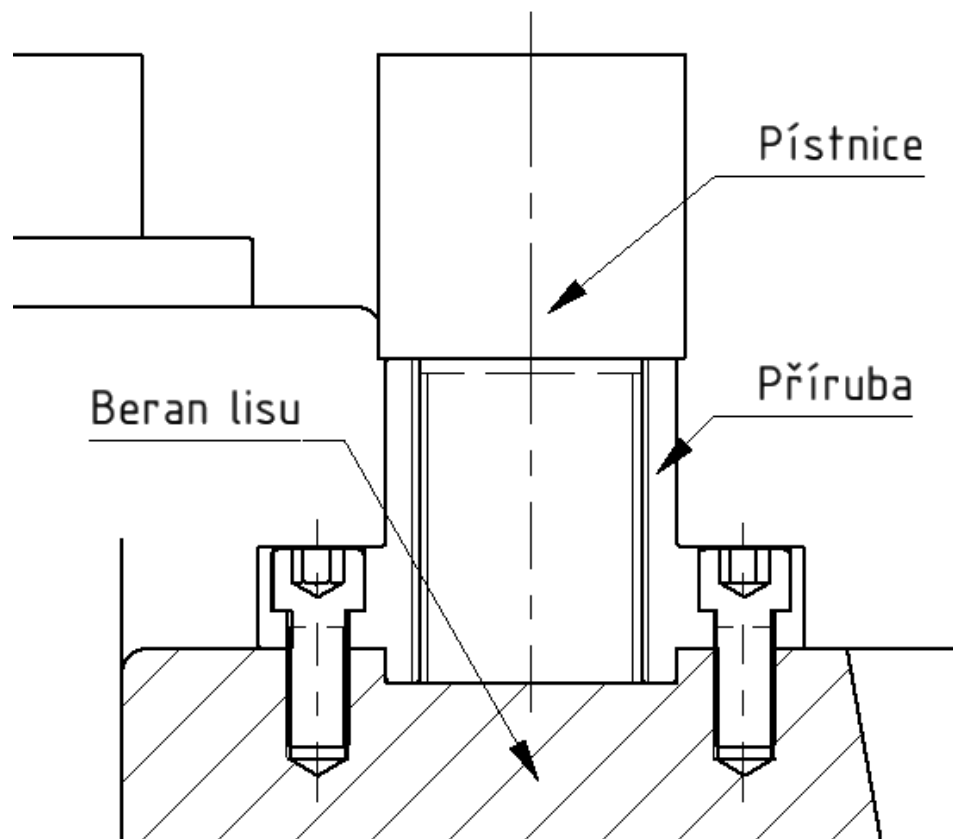
Spodní traverza je zakotvena k základu. Vodící tyč je předepnuta pomocí předepínací matice. Víko slouží pro zamezení vniknutí nečistot a je přišroubováno k traverze. Vodící tyč je odlehčena pro snazší montáž a snížení napětí.



Obr. 43 Uložení traverzy spodní

## 10.4 Uložení pístnice

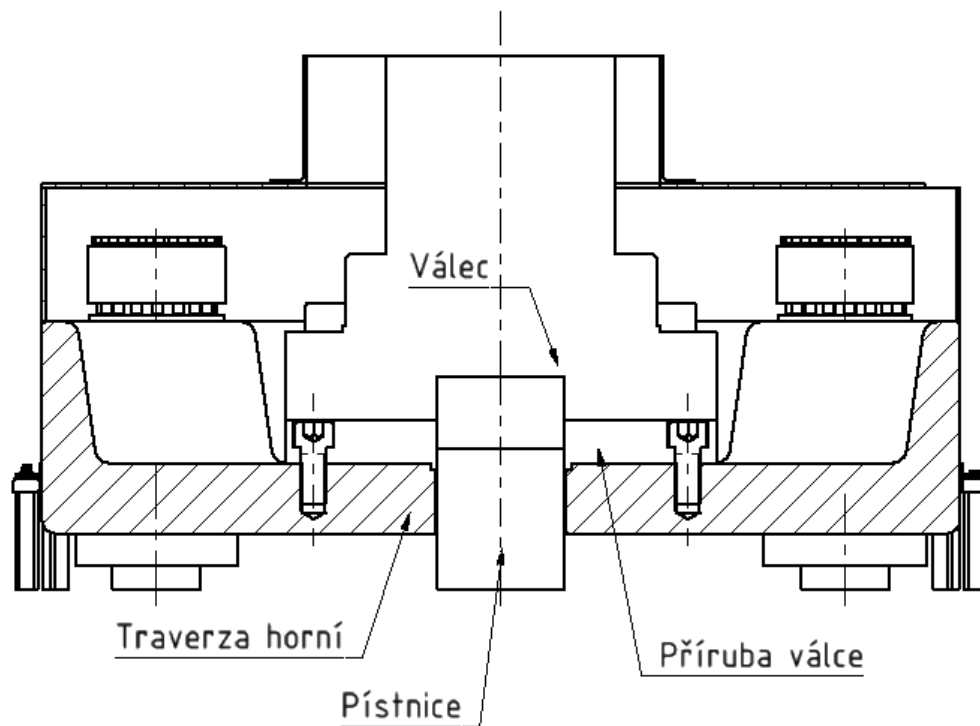
Pístní tyč je zašroubována do příruby, ta je přišroubována do beranu lisu.



Obr. 44 Uložení pístnice

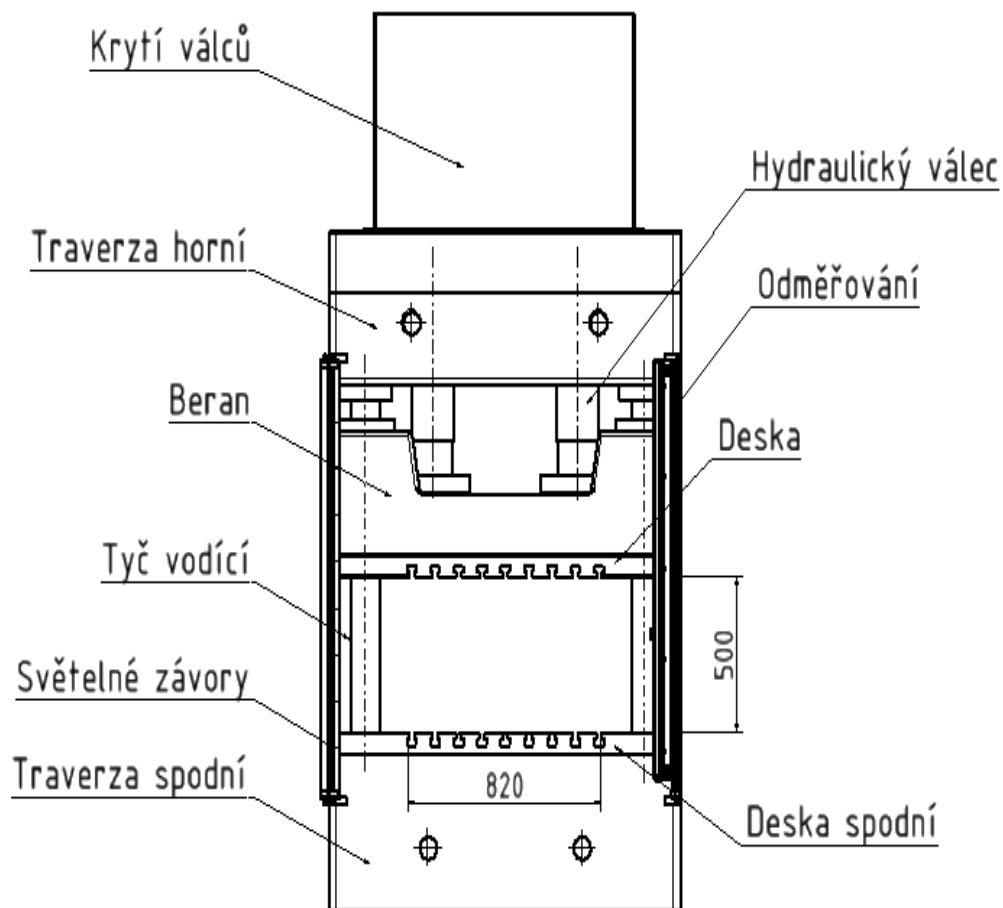
## 10.5 Uložení válce

Hydraulický válec je přišroubován k přírubě válce, jež je spojena pomocí šroubů k horní traverze. Mezi pístnicí a traverzou je vůle.



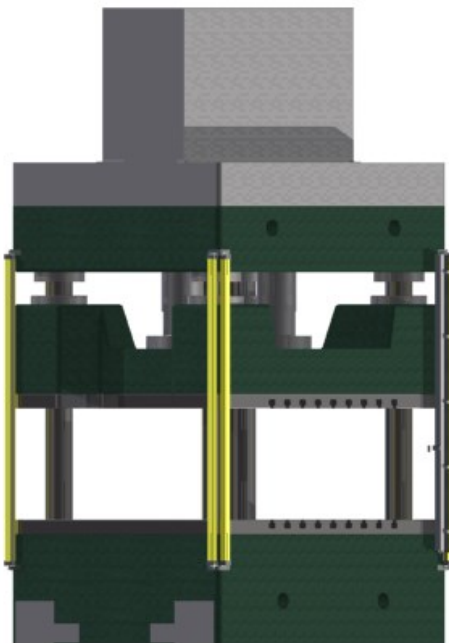
Obr. 45 Uložení válce

## 10.6 Horní poloha beranu a popis modelu

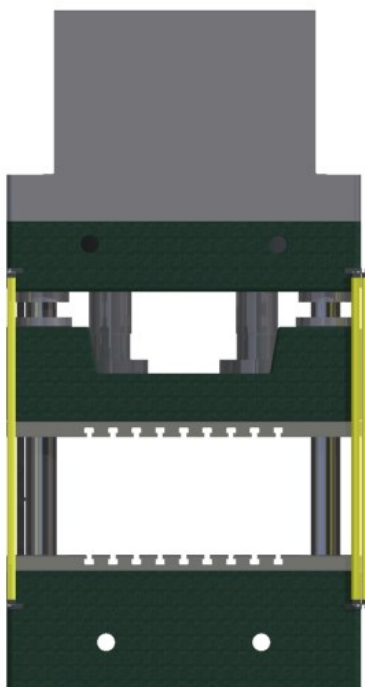


Obr. 46 Horní poloha beranu a popis modelu

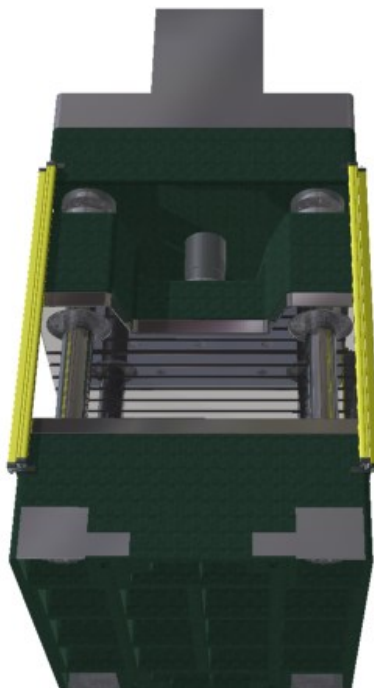
## 11 3D model hydraulického lisu



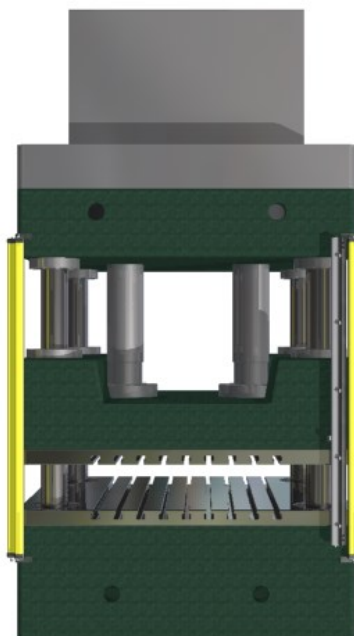
Obr. 47 Model lisu horní poloha



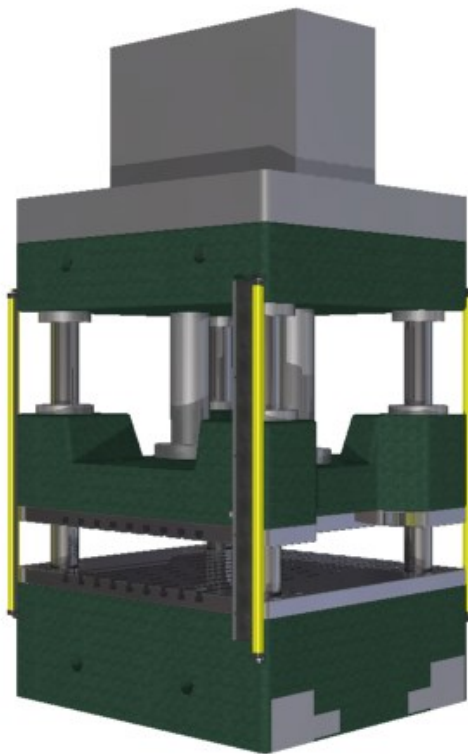
Obr. 48 Model lisu horní poloha



**Obr. 49 Model lisu horní poloha**



**Obr. 50 Model lisu spodní poloha**



**Obr. 51 Model lisu spodní poloha**



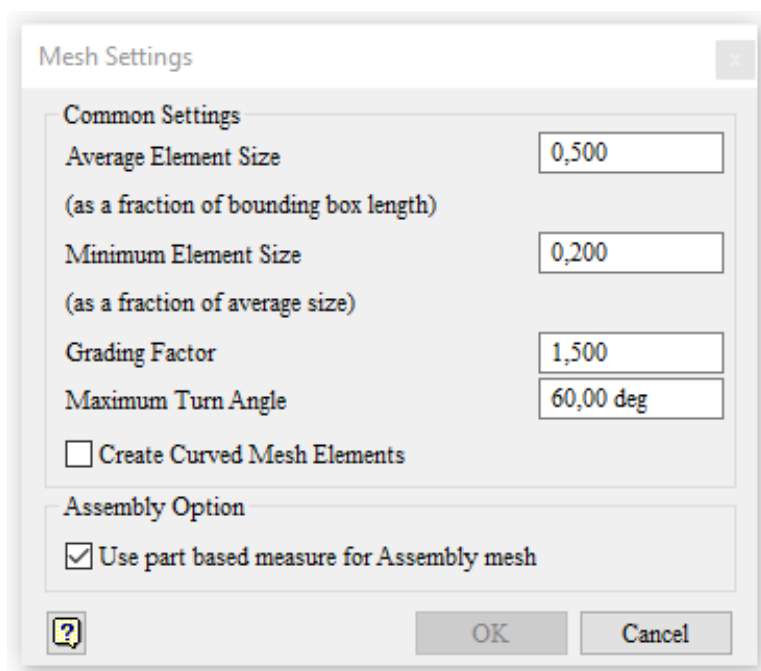
## 12 Simulace MKP modelu

Pro kontrolu napětí a posunutí je použita metoda MKP – metoda konečných prvků. Analýza je provedena v systémovém prostředí pevnostní analýzy, která je součástí programu Autodesk Inventor Professional 2015.

Metoda konečných prvků je numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací, posunutí, frekvence, proudění tekutin a tepla, atd. na vytvořeném 3D modelu. Princip spočívá v rozložení spojitého tělesa na konečný počet prvků, které jsou zatíženy každé zvlášť a dány soustavou rovnic popisující určitý průběh. Metoda vznikla

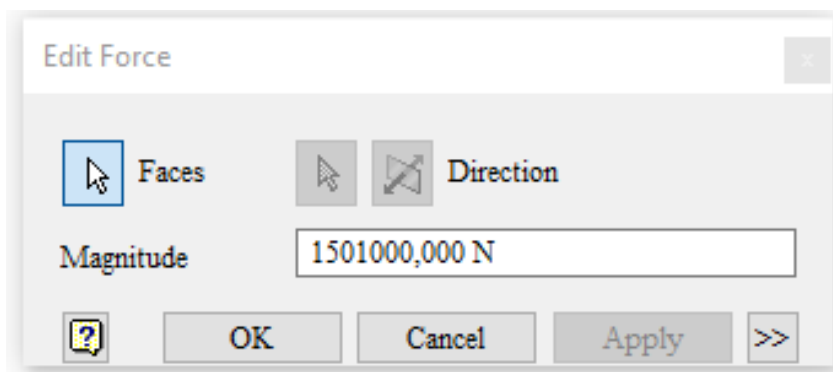
v 50. letech 20. století. Model určený pro simulaci musí obsahovat síť tvořenou prvky a uzly a také okrajové podmínky, které zahrnují podpory, vazby a zatížení. Tato metoda vyžaduje vysoké nároky na výpočetní techniku, proto je velmi vhodné simulovaný model zjednodušit a nezahrnout do výpočtů části přímo nesouvisející se zatížením. Při vyhodnocování kontrolujeme relevantnost či přesnost výsledků. Výsledky simulací jsou pouze orientační. Program Inventor není přímo daný pro přesné simulace a skutečné hodnoty se mohou lišit.

## 12.1 Nastavení mřížky, sil a kontaktů



Obr. 52 Nastavení mřížky

Při nastavování mřížky se musela zvětšovat průměrná velikost elementů z důvodu složitosti traverz a beranu.



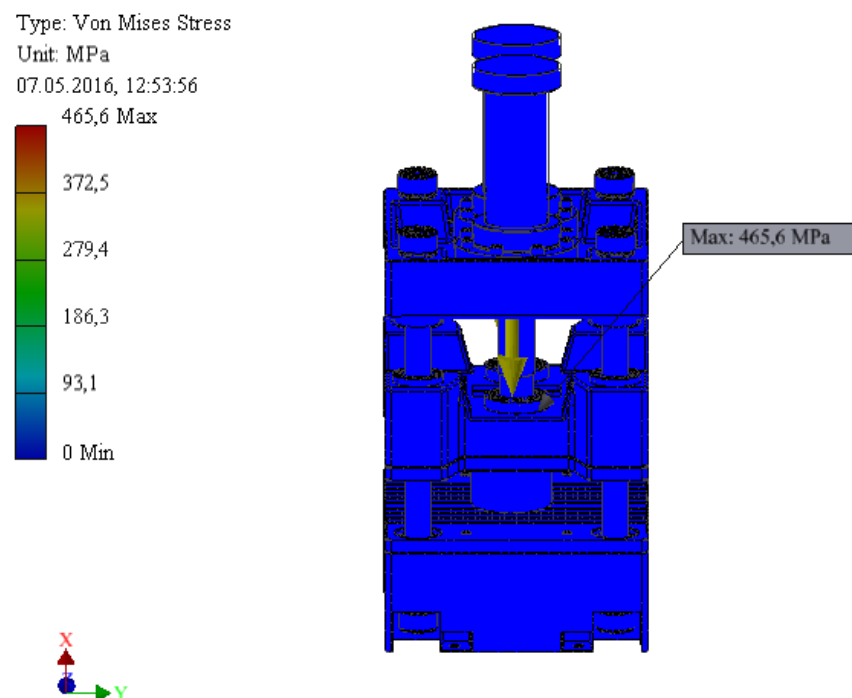
Obr. 53 Nastavení síly

Na každý válec je daná síla, která vychází z vypočtené maximální lisovací síly. Dohromady to vychází na 3 MN.

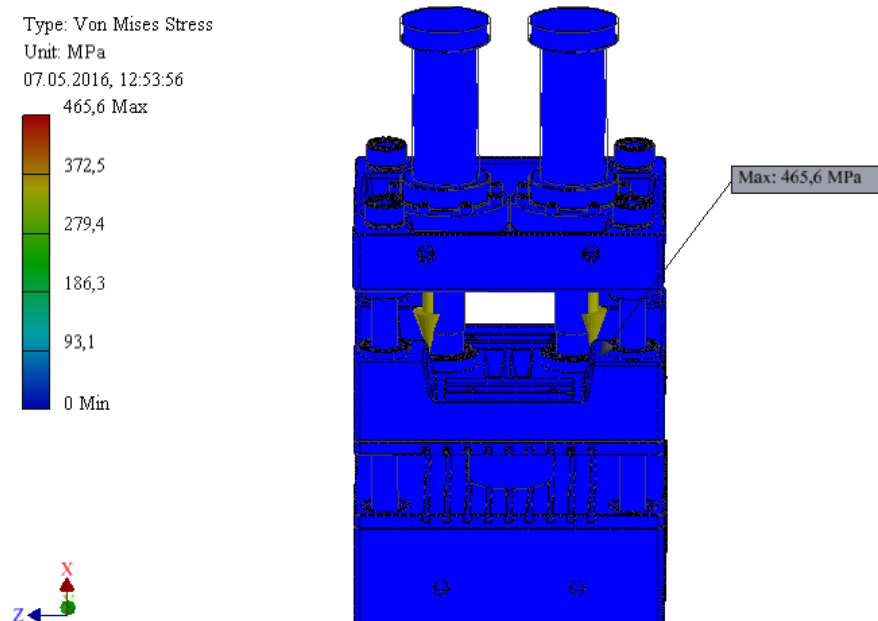
Kontakty jsou v simulaci nastaveny automatické a následně zkontrolovány.

Pevná vazba je dána na spodní traverzu znázorňující zakotvení.

## 12.2 Pevnostní analýza lisu - Napětí

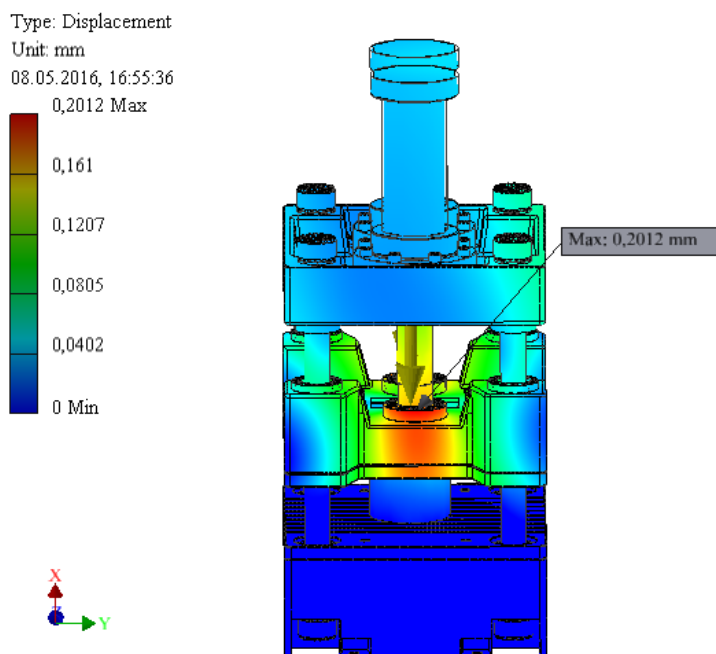


Obr. 5447 Simulace napětí

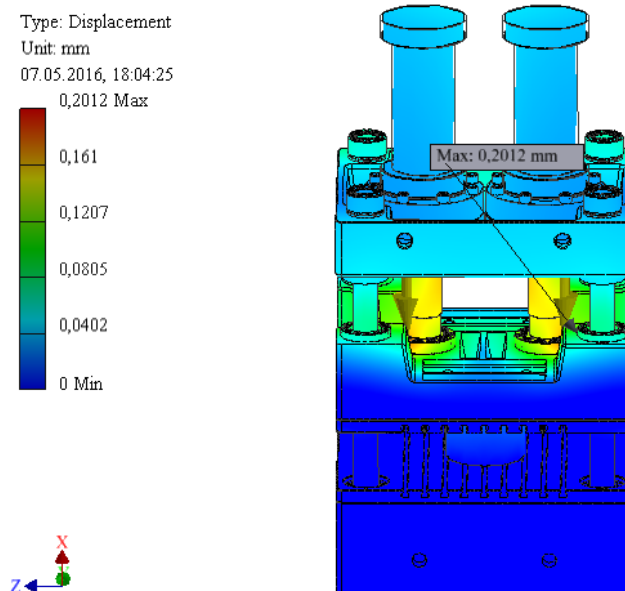


Obr. 5548 Simulace napětí

### 12.3 Pevnostní analýza lisu – Posunutí



Obr. 5649 Simulace posunutí



Obr. 57 Simulace posunutí

## **12.4 Závěr simulací**

Výsledkem simulací jsou hodnoty vypovídající o změnách napětí a posunutí během zatížení lisovací silou. Výsledné napětí a posunutí pro činnost a funkci jsou přijatelné. V simulaci jsou zobrazeny výsledky napětí. Největší napětí je v místě spojení pístnice s přírubou a beranem. Posunutí je v tomto místě rovněž největší, nicméně změna o 0,2 mm je přijatelná pro tak velkou lisovací sílu.

## Závěr

Diplomová práce se zabývala konstrukčním návrhem hydraulického lisu dle požadavků zadávající firmy. Každý postup a návrh lisu byl konzultován a kontrolován se zástupci firmy. Hlavními požadavky na lis byla lisovací síla 300 tun, velikost pracovního stolu 1200x800 mm, zdvih 500 mm a maximální výška lisu 3300 mm. Dále musely být brány v potaz minimální nároky na zástavbový prostor, snadná údržba, jednoduchá montáž, výroba a dlouhá životnost. Nejdůležitějším kritériem je bezpečnost práce, z toho důvodu musí být hydraulický lis zabezpečen proti vniknutí rukou nebo cizího předmětu do pracovního prostoru a ohrožení na životech nebo poškození zařízení. Hydraulický systém byl proto navržen s ohledem na bezpečnost a legislativu. Nárok byl také kladen na minimální výrobní cenu. Část práce zabývající se hydraulikou byla konzultována se specialistou od firmy Bosch Rexroth a konstrukční část kontrolována konstruktérem z praxe.

Z morfologické matice nejvhodněji vyšla volba uzavřeného O tvaru, čtyři vodící tyče, kluzné uložení beranu a bezpečnostní optické závory. Následovala struktura systému obsahující schéma stavební skladby zařízení.

V další kapitole byly zpracovány jednotlivé části zařízení, popsány a zobrazeny obrázkem. Vybrané části zahrnovaly návrhové a kontrolní výpočty. Dále byla zpracována hydraulika. Navrhnut hydraulický válec, čerpadlo a motor s podklady z praxe. V kapitole schématu hydraulického zapojení bylo znázorněno základní zapojení hydraulických prvků vycházející z legislativy. Následovala pasáž zaměřující se na uložení a vedení jednotlivých uzlů s popisem každé části a poté kapitola, jež zobrazovala funkční 3D model, který dále sloužil pro zpracování výkresové dokumentace. Posledním bodem práce byla simulace 3D modelu lisovací silou.

Výkresová dokumentace je součástí přílohy a bude sloužit pro výrobu reálného zařízení a montáž.

## 13 Literatura

- [1] Lis. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lis>
- [2] Hydraulické zařízení. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulick%C3%A9\\_z%C5%99%C3%ADzen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulick%C3%A9_z%C5%99%C3%ADzen%C3%AD)
- [3] Tosrakovník. *Rakovnické tvářecí stroje* [online]. Rakovník, 2013 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [http://www.tosrakovnik.cz/article-lisy\\_rady\\_cdc](http://www.tosrakovnik.cz/article-lisy_rady_cdc)
- [4] Hydraulické univerzální lisy. *Žďas* [online]. Žďár nad Sázavou: TRINET a.s. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=44>
- [5] HŠV stroje, a.s. *Hsvpolicka* [online]. Polička: FelixNET© [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hsvpolicka.cz/>
- [6] TS Plzeň a.s. *Tsplzen* [online]. Plzeň: TS Plzeň a.s, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/specialni-lisy/>
- [7] LENFELD, Petr. *Technologie II* [online]. Liberec [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm)
- [8] HUBKA, Vladimír. *Konstrukční nauka: obecný model postupu při konstruování*. 2. dopl. vyd. Praha kon: KONSERVIS, 1991. ISBN 80-901-1350-8.
- [9] *Rubena* [online]. Hradec Králové, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.rubena.cz>

- 
- [10] *Nord-Lock* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.nord-lock.com/cs/>
- [11] *Baluff* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/home.jsp>
- [12] Bezpečnostní světelné závory. *Oemautomatic* [online]. Zdi by, 2016 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [http://www.oemautomatic.cz/Products/Bezpecnostni\\_prvky/Bezpecnostni\\_svetelne\\_zavory/Detekce\\_prstu/SG4-Base\\_-\\_Detekce\\_prstu/593190-502495.html](http://www.oemautomatic.cz/Products/Bezpecnostni_prvky/Bezpecnostni_svetelne_zavory/Detekce_prstu/SG4-Base_-_Detekce_prstu/593190-502495.html)
- [13] BEZDĚKOVÁ, Jitka. *Konstrukční návrh hydraulického lisu KHL100*. Plzeň, 2013.
- [14] Variable pumps. *Boschrexroth* [online]. Germany, 2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.boschrexroth.com/ics/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=EN&Region=none&VHist=Start,p537304,p537302,p537444&PageID=p538999>
- [15] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů*. Ostrava, 2015.
- [16] *Boschrexroth* [online]. Germany, 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/>



## 14 Seznam příloh

Výrobní výkres 1 -	Beran lisu
Výrobní výkres 2 -	Deska spodní
Výrobní výkres 3 -	Deska
Výrobní výkres 4 -	Příruba válce
Výrobní výkres 5 -	Příruba
Výrobní výkres 6 -	Traverza spodní
Výrobní výkres 7 -	Traverza horní
Výrobní výkres 8 -	Tyč vodící
Výrobní výkres 9 -	Vedení beranu
Výrobní výkres 10 -	Víko vedení
Výrobní výkres 11 -	Vložka vedení
Sestavný výkres -	LIS HYD KON 300T

## 15 Seznam obrázků

### Obrázky

Obr. 1 Hydraulický lis - TOS Rakovník [3]

Obr. 2 Hydraulický lis – Žďas [4]

Obr. 3 Hydraulický lis – HŠV [5] Obr. 3 Hydraulický lis – HŠV [5]

Obr. 4 Hydraulický lis - TS Plzeň [6]

Obr. 5 Změna mechanických vlastností v závislosti na stupni deformací [7]

Obr. 6 Změna tvaru zrn v důsledku tváření [7]

Obr. 7 Pascalův zákon

Obr. 8 Model technického procesu [8]

Obr. 9 Morfologická matice

Obr. 10 Struktura systému [8]

Obr. 11 Traverza horní - horní pohled

Obr. 12 Traverza horní - spodní pohled

Obr. 13 Traverza spodní – horní pohled

Obr. 14 Traverza spodní – spodní pohled

Obr. 15 Beran - horní pohled

Obr. 16 Beran - spodní pohled

Obr. 17 Tyč vodící

Obr. 18 Kluzné ložisko

Obr. 20 Příruba

Obr. 21 Víko vedení - pohled 1

Obr. 22 Víko vedení - pohled 2

Obr. 23 Vložka vedení

- Obr. 24 Deska - horní pohled
- Obr. 25 Deska - spodní pohled
- Obr. 26 Deska spodní - horní pohled
- Obr. 27 Deska spodní - spodní pohled
- Obr. 28 Předepínací matice Nord-lock [10]
- Obr. 29 Odměřování Balluf [11]
- Obr. 31 Hydraulický válec - pohled 1
- Obr. 32 Hydraulický válec - pohled 2
- Obr. 33 Zatížení válce [13]
- Obr. 34 Čerpadlo [14]
- Obr. 35 Technické parametry A4VSO 180 [14]
- Obr. 36 Volba elektromotoru
- Obr. 37 Parametry válce při rychloposuvu
- Obr. 38 Parametry válce při lisování
- Obr. 39 Lisovací síly ve válci
- Obr. 40 Schéma hydraulického zapojení
- Obr. 41 Uložení beranu na vodícím sloupu
- Obr. 42 Uložení traverzy horní
- Obr. 43 Uložení traverzy spodní
- Obr. 44 Uložení pístnice
- Obr. 45 Uložení válce
- Obr. 46 Horní poloha beranu a popis modelu
- Obr. 47 Model lisu horní poloha
- Obr. 48 Model lisu horní poloha
- Obr. 49 Model lisu horní poloha

Obr. 50 Model lisu spodní poloha

Obr. 51 Model lisu spodní poloha

Obr. 52 Nastavení mřížky

Obr. 53 Nastavení síly

Obr. 54 Simulace napětí

Obr. 55 Simulace napětí

Obr. 56 Simulace posunutí

Obr. 57 Simulace posunutí